Testiranje CAD/CAM sustava u proizvodnji

Bezak, Željko

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:496576

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-19**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Sveučilište
Sjever

Završni rad br. 244/PS/2018

Testiranje CAD/CAM sustava u proizvodnji

Bezak Željko, 0902/336

Varaždin, veljača 2018. godine

Sveučilište
Sjever

Odjel za Proizvodno strojarstvo

Završni rad br. 244/PS/2018

Testiranje CAD/CAM sustava u proizvodnji

Student

Bezak Željko, 0902/336

Mentor

Tomislav Pavlic, mag.ing.mech

Varaždin, veljača 2018. godine

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR-42000 Varaždin

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za proizvodno strojarstvo

PRISTUPNIK: Željko Bezak | MATIČNI BROJ: 0902/336

DATUM: 21.02.2018. | KOLEGIJ: CNC obradni sustavi

NASLOV RADA: Testiranje CAD/CAM sustava u proizvodnji

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU: Testing the CAD / CAM system in production

MENTOR: Tomislav Pavlic | ZVANJE: viši predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA:
1. mr. sc. Zlatko Botak, viši predavač
2. Tomislav Pavlic, mag.ing.mech., viši predavač
3. Marko Horvat, dipl.ing., predavač
4. prof.dr.sc.Antun Stoić, red.prof.
5.

Zadatak završnog rada

BROJ: 244/PS/2018

OPIS:

U završnom radu je potrebno:

1. Dati osvrt na CNC obradne sustave.
2. Opisati osnovne principe CAD/CAM sustava.
3. Na primjeru zadanog predmeta, opisati CAD, CAM i CNC područja, unutar CAD/CAM/CNC lanca.
4. Izmodelirati zadani dio, programirati njegovu obradu, te na kraju izraditi dio na CNC strojevima.
5. Pojasniti prilagodbu i ulogu postprocesora unutar CAD/CAM/CNC lanca, za odabrani dio, strojeve i upravljačke jedinice CNC strojeva.

ZADATAK URUČEN: 13.03.2018. | POTPIS MENTORA: T. Pavlic

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE SJEVER

Predgovor

Zahvaljujem mentoru Tomislavu Pavlic koji je pratio cijeli proces nastajanja završnog rada i svojim savjetima i usmjeravanjima olakšao izradu istog. Hvala što mi je omogućio korištenje njegove literature o korištenju softvera SolidCAM, te razne materijale i pomagala bez kojih ne bi mogao realizirati svoj rad.

Želim spomenuti i nesebičnu pomoć Dušana Berić koji je pomogao svojim iskustvom u praktičnom dijelu završnog rada sa svojim savjetima sa područja obrade odvajanjem čestica.

Također, upućujem i veliko HVALA svojem ocu Robertu Bezak koji mi je olakšao i pružao pomoć u mojem dosadašnjem studiranju, te njegovom strpljenju i volji o podukama o radu na raznim CNC alatnim strojevima niz godina ranije.

Sažetak

Ovaj rad bavi se testiranjem programiranja CNC strojeva u proizvodnji uporabom CAD/CAM sustava u cilju pojednostavljenja procesa programiranja te skraćivanja vremena programiranja CNC strojeva.

Klasične alatne strojeve danas sve više zamjenjuju CNC strojevi sa svrhom povećanja proizvodnosti jednostavnih, ali i kompliciranijih dijelova te povećanje kvalitete obrađene površine. Za takve je strojeve potrebno generirati G-kod pomoću kojih će upravljačka jedinica upravljati strojem. Generiranje G-koda moguće je ručno, a i programiranjem pomoću CAD/CAM sustava. U radu će se dati osvrt na CAD/CAM i CNC obradne sustave.

U ovom radu generirat će se G-kod za glodalo, testirati i simulirati obrada istog pomoću softvera SolidCam. Prije samog generiranja G-koda, izmodelirat će se glodalo pomoću softvera SolidWorks. U drugom dijelu rada bit će opis detaljnog postupka rada na alatnom stroju Hitachi Super hicell 250 izrade prije spomenutog glodala. Također, konstruirat će se i izraditi naprava za izradu glodala.

U ovom radu naglasak je na proizvodnji, odnosno na praktični dio, problemi i rješenja koji su se javili tijekom izrade završnog rada.

Ključne riječi: SolidWorks, SolidCam, CNC obradni strojevi, Hitachi Super Hicell 250.

Summary

The topic of this academic work is testing programming CNC machines in manufacturing using CAD/CAM softwares to simplify the process of programming and to shorten the time needed to program a CNC machine.

Nowdays, classic machine tools are being replaced by CNC machines to increase productivity of both simple and complicated parts, and to improve quality of processed surfaces. For such machines it is necessary to generate a G-code with which the control unit will operate the machine. Generating a G-code can be done manually, but it can also be programmed using a CAD/CAM applications. This academic work will give an overview on CAD/CAM and CNC machining.

In the first part of this academic work, G-code for the milling cutter will be generated, and then the processing of it will be tested and simulated using SolidCAM software. Prior to the G-code generation, milling cutter will be modeled using SolidWorks. In the second part, a detailed description of work process on the Hitachi Super hicell 250 production of the above mentioned milling cutter will be described. Furthermore, gadget which will help to make milling cutter will be constructed and made.

This academic work focuses on the production, more precisely on the practical part, problems and solutions that came up during the making of final work.

Key words: SolidWorks, SolidCam, CNC machines, Hitachi Super Hicell 250.

Popis korištenih kratica

CNC	Computer Numerical Control
	Računalna numerička kontrola
CAD	Computer - Aided Design
	Dizajn pomoću računala
CAM	Computer Aided Manufacturing
	Proizvodnja pomoću računala
NC	Numerical Control
	Numerička kontrola
3D	3 Dimensional
	3 Dimenzije prikaza
JIT	Just In Time
	Točno na vrijeme
VNAS	Višenamjenski alatni stroj
AIA	Magazin alata
mm	milimetar
itd.	i tako dalje
npr.	na primjer

Sadržaj

1. Uvod 9
2. Osvrt na 5-osne CNC obradne sustave 11
   2.1. Višenamjenski alatni strojevi 11
   2.2. Višenamjenski TURN/MILL Centri (tokarsko- glodači centri) 12
3. CAD/CAM sustavi 14
   3.1. CAD sustavi 15
   3.2. CAM sustavi 16
   3.3. Primjena pravila u CAD/CAM sustavima 16
4. CAD modeliranje ispitnog zadatka (opis postupka) 18
5. CAM programiranje ispitnog zadatka (opis postupka) 28
6. Opis CNC obradnog centra Hitachi Super Hicell 250 40
   6.1. Kompanija Hitachi 40
   6.2. Osnove obradnog centra 41
7. Izrada glodala na stroju 43
8. Zaključak 53
9. Literatura 55
10. Popis slika 56
11. Prilozi 58
   Prilog 1. 58
   Prilog 2. 59
   Prilog 3. 60
   Prilog 4. 61
   Prilog 5. 66
   Prilog 6. 67

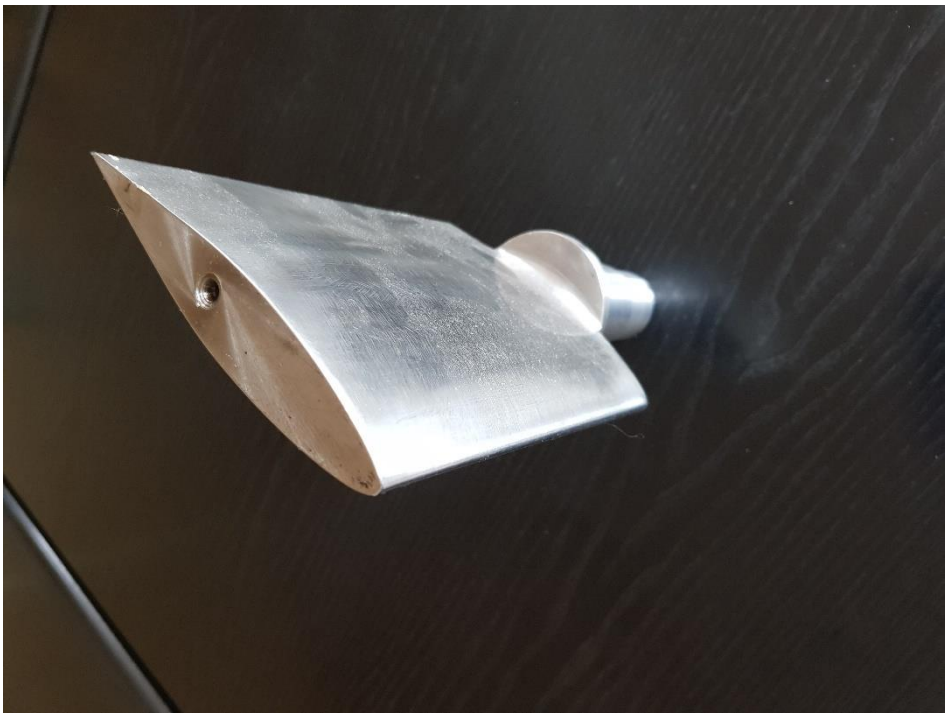
1. Uvod

Kako je rasla potreba za sve većom količinom proizvedenih dijelova jednakih dimenzija i oblika, od nekoliko stotina pa preko desetaka tisuća, javila se potreba zamjene klasičnih tokarilica i glodalica nekom naprednijom tehnologijom. Zamjena je izvršena NC (Numerical Control) strojevima. Cijena, vremena izrade i moguće ljudske greške su se značajno smanjile. Nedostatak NC strojeva je fiksna logika, odnosno programirano vođenje alata vršeno je pomoću traka sa rupicama (Slika 1-1.).

Slika 1-1. Primjer NC trake

Zbog bilo koje potrebe izmjene programa, koliko god promjena bila mala ili neznačajna, trebala se raditi kompletno nova traka. Ovdje se javila ponovno potreba za boljom tehnologijom, te ovdje nastupaju CNC (Computer Numerical Control) strojevi. Prednost CNC strojeva je mogućnost izmjene programa u realnom vremenu, tijekom samog rada stroja.

U današnje vrijeme strojarska industrija je nezamisliva bez suvremenih CNC strojeva. Gotovo nemoguće je pronaći neko poduzeće koje se bavi proizvodnjom, a da ne posjeduje barem jedan CNC stroj. Kako su se javljali sve kompliciraniji dijelovi za izradu, npr. lopatice za turbinu (Slika 1-2.), ručno programiranje je postalo gotovo ne moguće. Javila se potreba za razvojem softvera koji na postojećem 3D modelu izrađuje CNC program. Jedan od prvih takvih softvera bila je Catia-a.

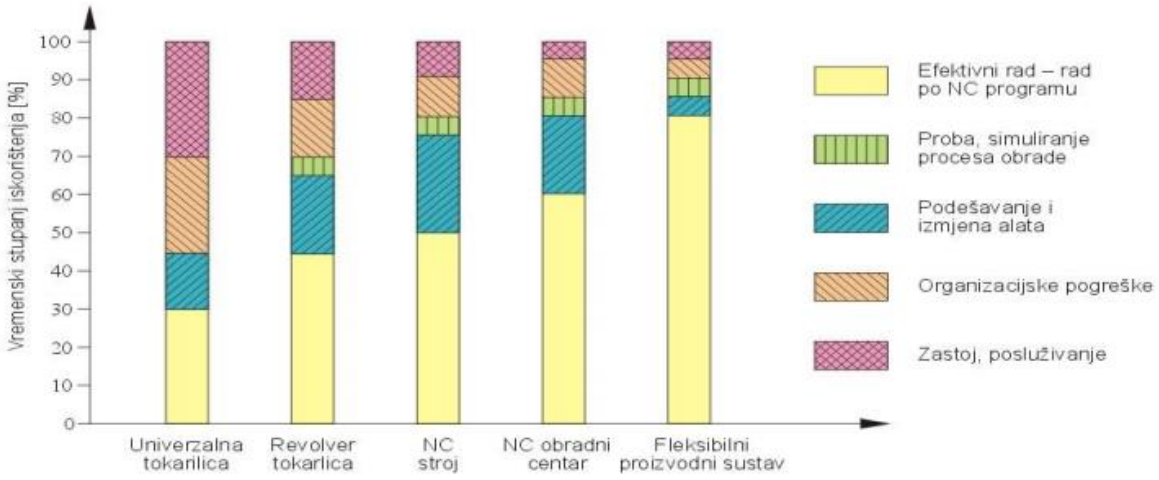


Slika 1-2. Lopatica turbine

Danas imamo cijelu listu softvera sa CAD-CAM (Computer Aided Design and Manufacturing) mogućnostima. Današnji CNC obradni centri sa 5 i više osi bili bi ne mogući za programiranje bez tih softvera. Najčešći softver korišten u strojarskoj proizvodnji je SolidWorks.

2. Osvrt na 5-osne CNC obradne sustave

Današnji suvremeni alatni strojevi su projektirani od poznatih modula, maksimalno je na njima zastupljena automatizacija, a sve sa ciljem da se smanji vrijeme izrade proizvoda na njima, da se bolje iskoristi alatni stroj i ostvare osnovni uvjeti za autonoman rad samog obradnog sustava.



Slika 2-1. Vremensko iskorištenje strojeva [1]

Kod današnjih alatnih strojeva važno je da rade bez zastoja, odnosno da prelaze sa jednog obradka na drugi automatski stoga su oni u potpunosti automatizirani i rade neprekidno dok im stiže materijal. Današnji alatni strojevi imaju vrlo visoku cijenu, stoga je i visoka satnica rada pa se mora iskoristiti teorijski kapacitet stroja, da se ne bi stvarali veliki troškovi, ako bi došlo do zastoja. Bitna je organizacija rada, stalno zapošljavanje i stalna dostava sirovaca obradnom sustavu, koji je danas razvijen sve do JIT („Just in time“ – doprema sirovaca i otprema izradaka u točno određeno vrijeme, nema skladištenja niti sirovine niti gotovih proizvoda). [1]

2.1. Višenamjenski alatni strojevi

Više namjenski (Multitasking Machines) strojevi ili korištena kratica VNAS su suvremeni, numerički upravljani alatni strojevi koji imaju proširene mogućnosti obrade u odnosu na obradne centre. Njih također karakterizira višestranična i različita višeoperacijska obrada u jednom stezanju obradka, automatska izmjena alata, te suvremeno upravljanje s većim brojem numerički upravljenih osi.

Karakteristika višenamjenskih strojeva:

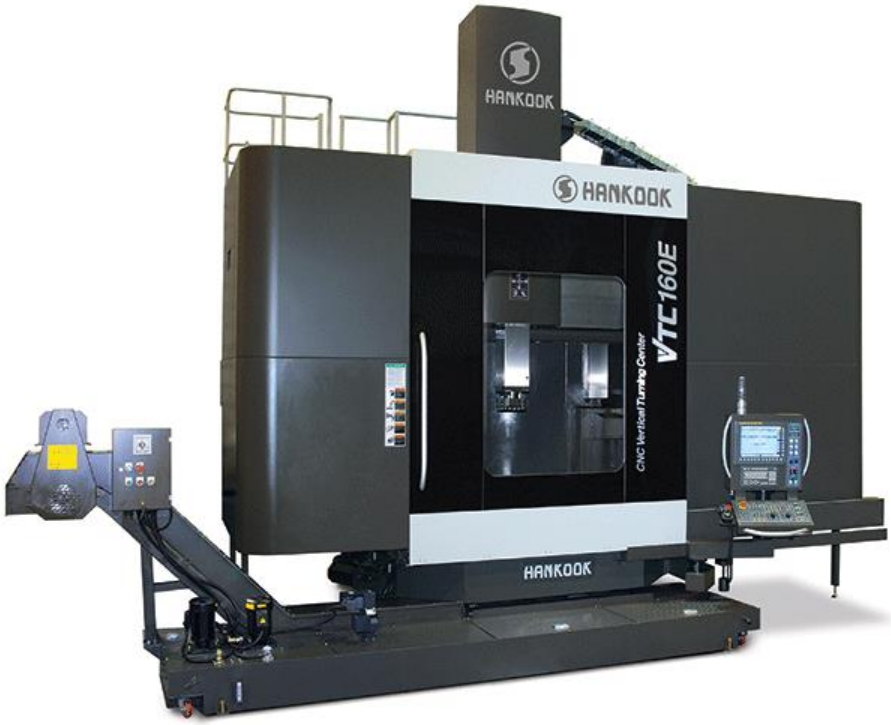
- Samostojeći alatni stroj za više namjena
- Zamjenjuje više različitih alatnih strojeva
- Višestranična i višeoperacijska obrada u jednom stezanju obradka
- Automatska izmjena alata i spremišta alata
- Srednjoserijska proizvodnja
- Često mijenjanje asortimana
- Mirujući rezni alati (tokarski noževi)
- Pogonjeni rezni alati (glodala, svrdla, brusne ploče)
- AIA – spremišta 20, 40, 60

2.2. Višenamjenski TURN/MILL Centri (tokarsko- glodači centri)

Višenamjeski alatni strojevi su zapravo kombinacija tokarskog i glodaćeg obradnog centra. Glavna im je zadaća da se u jednom stezanju može izvesti višestranična višeoperacijska obrada što znatno skraćuje vrijeme izrade obradka, a to je glavni cilj.

Slika 2-2. Primjeri elemenata složene konstrukcije

Višenamjenski alatni strojevi su zapravo svi glodači obradni centri, a većina obradnih centara danas na tržištu su 5-osni obradni centri. Točnost obrade izradaka sa složenom geometrijom jako se povećala, a i vrijeme obrade je dosta smanjeno sa obradom na 5-osnim obradnim centrima. [2]



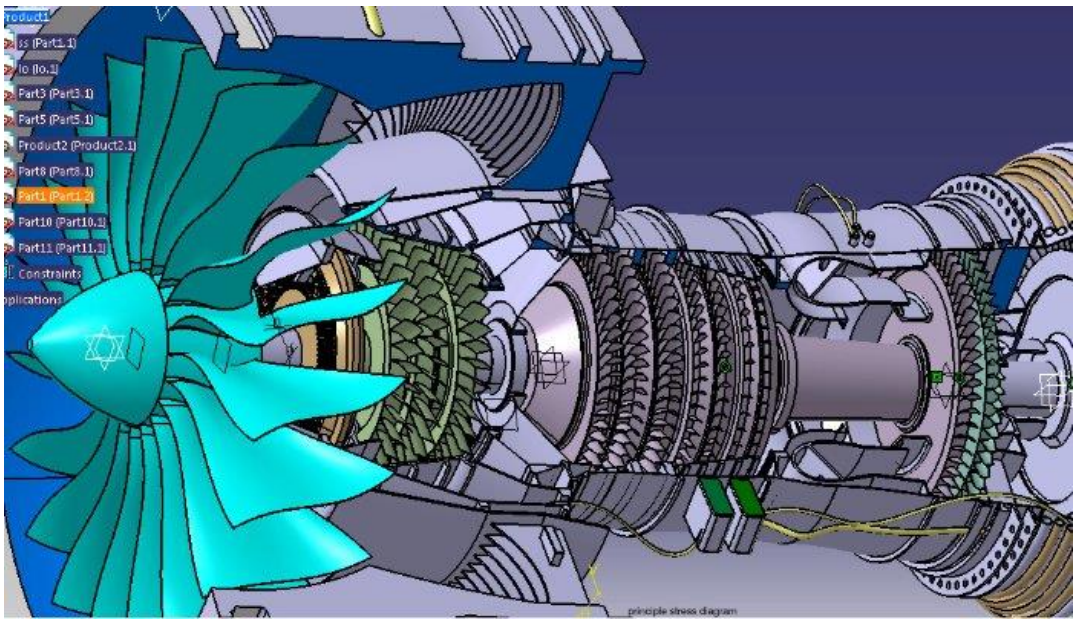
Slika 2-3. Primjer Turn-Mill Centra [3]

3. CAD/CAM sustavi

Obavljanje gotovo svih poslova danas je modernizirano i nezamislivo bez računala. CAD/CAM moderna kompjuterska tehnologija zasigurno je postala sastavni dio naše svakodnevnice. Pojavila se 1980-tih godina i od onda se neprestano razvija. Primjena je mnogobrojna: od autoindustrije i avioindustrije, pa sve do izrade najpreciznijih proteza.

- CAD – Computer Aided Design (Računalom podržano konstruiranje)

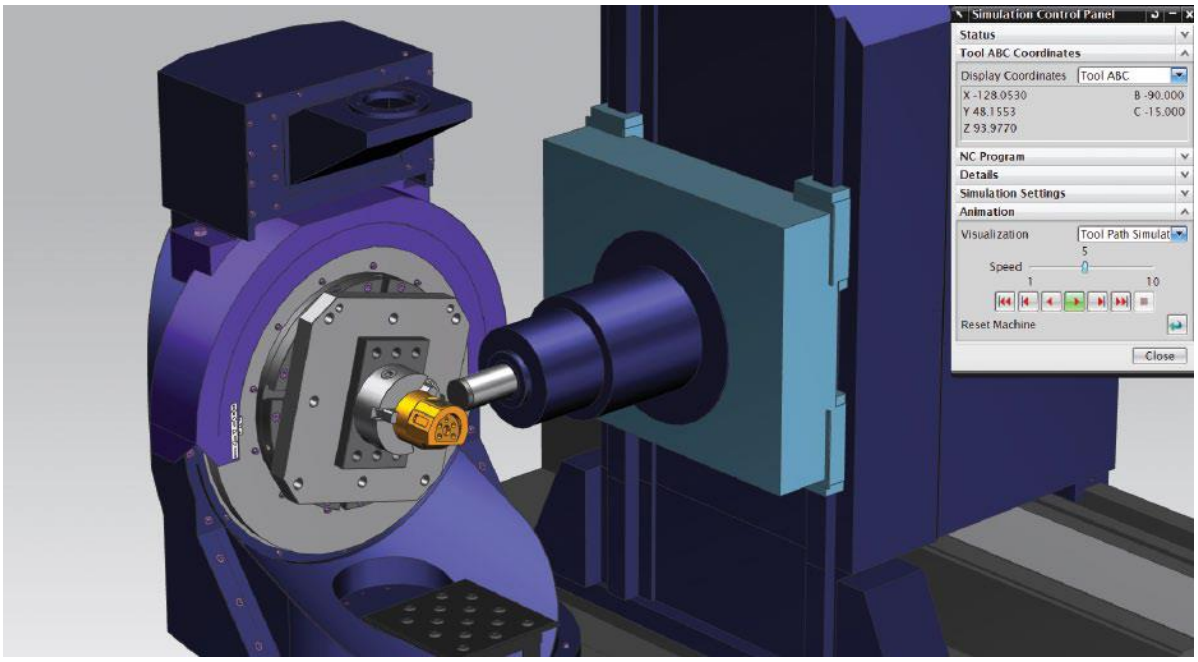
Primjena računala i grafičkog softvera za pomoć pri izradi ili poboljšanju konstrukcije proizvoda od koncipiranja do dokumentacije. Pomaže procesu konstruiranja u kreiranju geometrijske prezentacije onoga što se konstruira, dimenzioniranju i tolerancijama, upravljanje izmjenama konstrukcije, arhiviranju, razmjeni informacija o dijelovima i sklopovima, uz pomoć računala. [4]



Slika 3-1. Primjer računalom podržano konstruiranje [4]

- CAM – Computer Aided Manufacturing (Računalom podržana proizvodnja)

Tehnologija koja se bavi primjenom računala za planiranje, upravljanje i kontrolu proizvodnih operacija. Na temelju CAD modela vrši se generiranje tzv. G koda za obradu na strojevima upravljivim računalima. Danas se gotovo sve vrste obrade temeljene na CAM tehnologijama. [5]



Slika 3-2. Primjer računalom podržana proizvodnja [5]

3.1. CAD sustavi

CAD sustav čine elementi koji su međusobno povezani:

- Korisnik (konstruktor) – potrebno je da poznaje rad na računalu i ostaloj hardverskoj opremi, da koristi CAD softver i ostale potrebne programe, te da je sposoban rješavati postavljeni konstrukcijski zadatak.
- Hardver – čini računalo i prateća oprema. Hardver treba biti prilagođen korisniku, da osigura efikasno funkcioniranje CAD softvera (više RAM memorije, brži procesor, kvalitetan monitor,…) i da može rješavati konkretne konstrukcijske zadatke. Za pojedine zadatke je potrebno dodatno specifična I/O oprema.
- Softver – čini, prije svega CAD softver, ali se pored toga koristi i operativni sustav, te različiti pomoćni programi. Za specifične namjene se koriste posebni dodatni moduli CAD softvera. Suvremena rješenja teže da uključe što veći broj modula potrebnih za upravljanje cjelokupnim životnim vijekom proizvoda. Softver treba da bude prilagođen korisniku, da efikasno radi i upravlja hardverom, te da rješava postavljeni zadatak.

- Problem i konstrukcijski zadatak – predstavlja ulaz u proces konstruiranja i razvoja proizvoda. Postavljeni zadatak utječe na ostale elemente CAD sustava. Za specifične probleme potrebne su posebna stručna znanja konstruktora. Specifični problemi zahtijevaju posebne karakteristike i/ili hardverska i softverska rješenja. [6]

3.2. CAM sustavi

Slično kao i kod CAD sustava, CAM sustav čine elementi koji su međusobno povezani:

- Ulaz za CAM sustav predstavlja CAD model. Pri definiranju CAD modela (u fazi konstruiranja) tehnologija izrade je već definirana ili je bitno ograničen izbor mogućih tehnologija.
- Hardver u CAM sustavu čine, prije svega numerički upravljani strojevi (CNC), obradni centri, fleksibilni proizvodni sustav, itd., kao i računala. Složenost i cijena CNC strojeva znatno premašuje složenost i cijenu računala, a suvremeni strojevi obično imaju svoje računalo.

CAM softver može biti neovisan, povezan sa konkretnim strojem ili u okviru rješenja. [6]

3.3. Primjena pravila u CAD/CAM sustavima

Ako inženjer konstruktor nije upoznat s proizvodnim i montažnim postupcima proizvoda, ili ako je konstrukcija napravljana u drugoj tvrtki, ili ako nema dovoljno komunikacije s ostalim inženjerima i proizvodnim funkcijama, onda će proizvod koji se projektira voditi do ozbiljnih problema tijekom proizvodnje i operacija montaže. Ovi problemi uključuju neuspjeh u zahtjevima dimenzija i tolerancija ili u poteškoćama u proizvodnji proizvoda, u novčanom smislu.

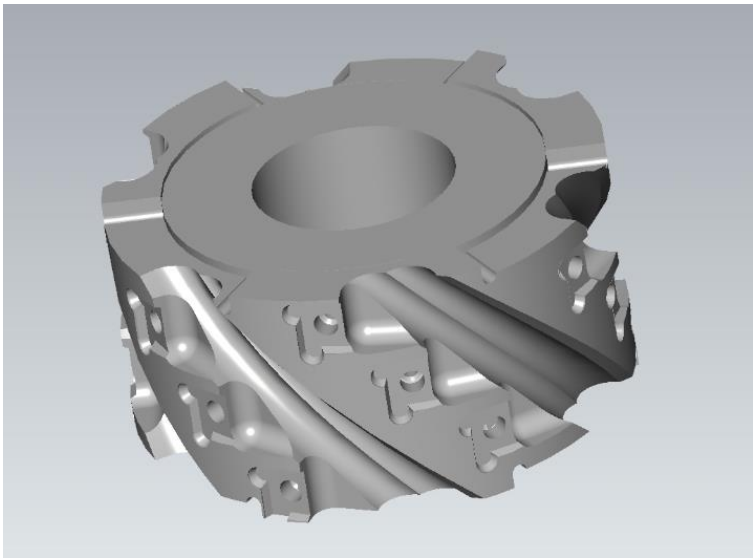
Otprilike 70% proizvodnih troškova je određeno odlukama napravljenim u fazi konstruiranja, iako troškovi konstruiranja iznose samo 5% od ukupnih troškova proizvodnje proizvoda.

Konstruktor bi trebao provjeriti odgovarajuće konstrukcijsko pravilo iz baze podataka pravila proizvodnje. Tijekom provjere konstrukcijskog pravila, sustav potvrđuje da niti jedno konstrukcijsko i proizvodno pravilo nije narušeno. Baza podataka pravila proizvodnje dopušta konstruktoru ranu detekciju mogućih proizvodnih problema u fazi konstruiranja. Obzirom da su

tolerancije i kvaliteta površine uključene u pravila, osigurava se prikladnost njihovih vrijednosti za očekivani proizvodni proces. Koristeći ovu bazu podataka, konstruktor može biti siguran da proizvedeni dio neće biti odbijen zbog problema u proizvodnji i to vodi do smanjenja proizvodnih troškova. [5]

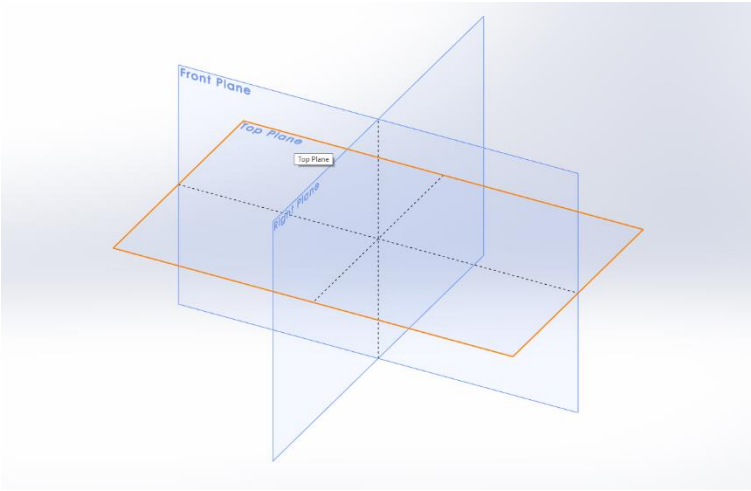
4. CAD modeliranje ispitnog zadatka (opis postupka)

Zadatak je CAD programom SolidWorks opisati postupak izrade modela glodala na slici 4-1. Glodalo služi za raznoliku upotrebu strojne obrade metala odvajanjem čestica.



Slika 4-1. Slika ispitnog zadatka - glodalo

Prvi korak, odnosno prije svakog novog modeliranja, potrebno je napraviti novi Part. Klikom gore desno na File - New otvara se novi prozor sa mogućnostima biranja između: Part, Assembly i Drawing. Odabirom Part otvara se radno područje (Slika 4-2.) u kojem postoje tri ravnine: Front, Top i Right Plane.

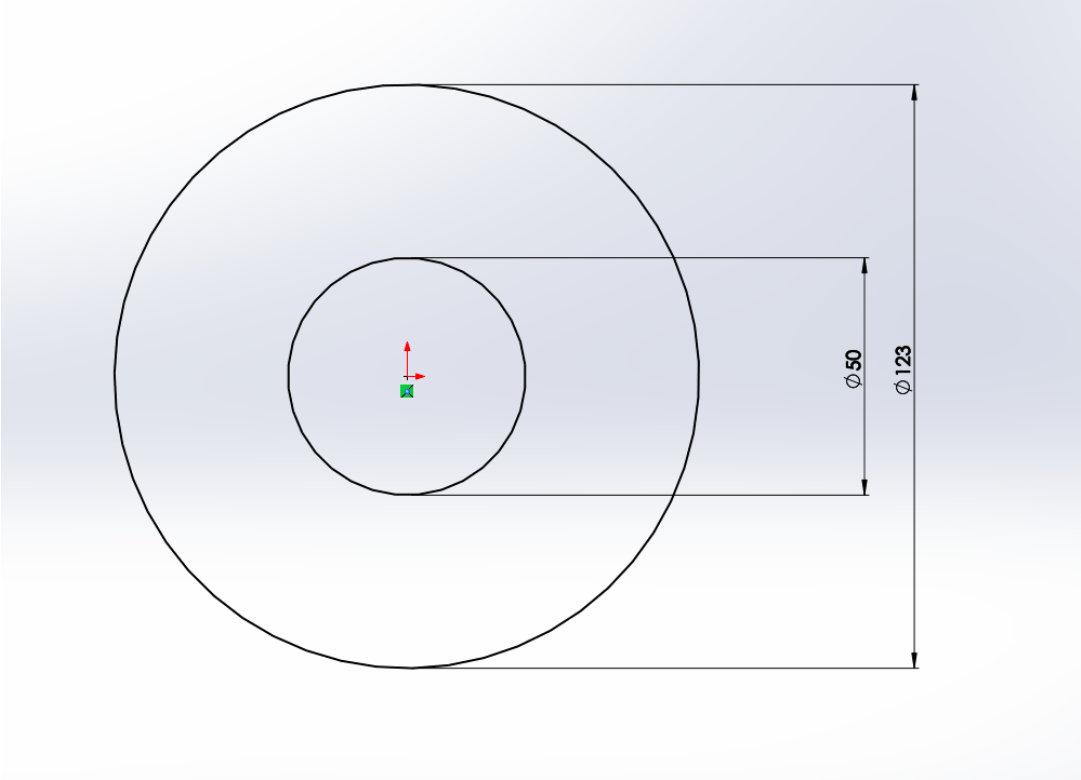


Slika 4-2. Odabir ravnine rada

Postoje razne opcije kojim putem krenuti u modeliranje. Jedna od mogućnosti kretanja je opcija Extruded Boss/Base. Klikom na nju, treba se definirati ravnina u kojoj će se izrađivati Sketch.

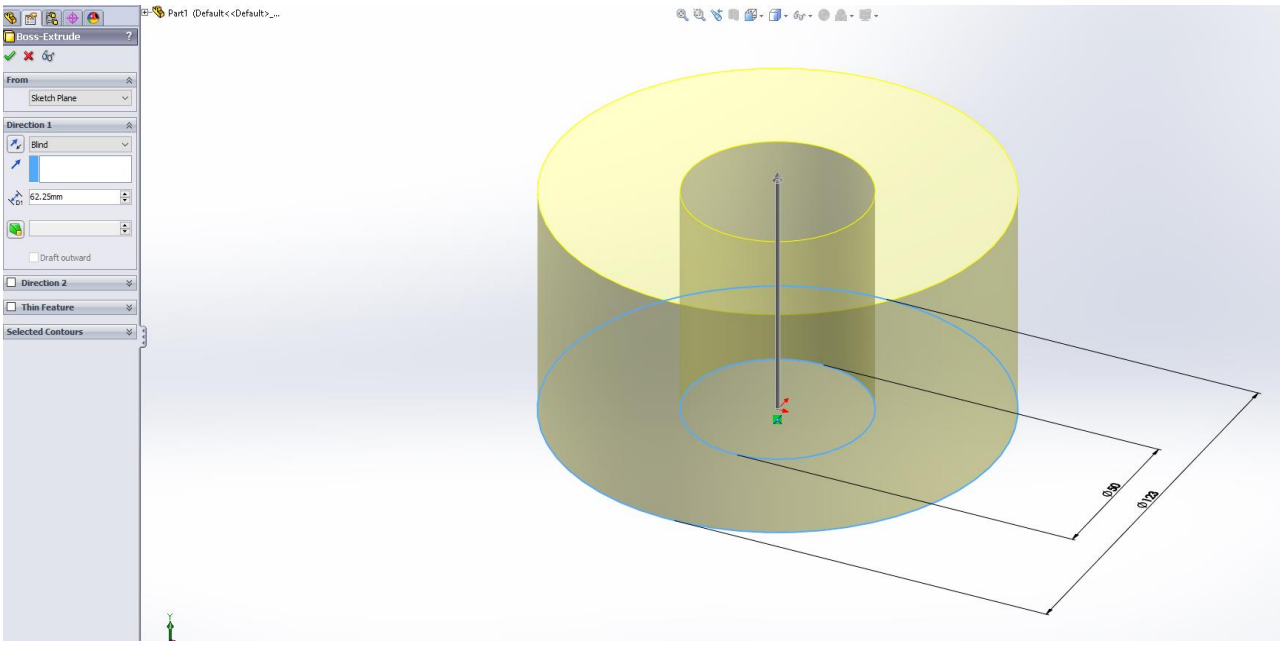
Prema [7], Sketch je dio Part-a koji služi kao podloga u dvije ravnine za izradu modela u tri ravnine (npr. u Sketch-u se nacrta kvadrat koji se po trećoj osi izdužuje u kocku). Ikona za izduživanje se naziva Extruded Boss/Base, a u njoj se može definirati za koliku vrijednost se izdužuje Sketch, na koju stranu ravnine, dali se želi izdužiti u obje strane, itd.

Odabirom ravnine Top Plane kreće se u crtanje Sketch-a. Iz nacrta (Prilog 1.) se djelomično precrtava tlocrt, točnije najveći Φ123 mm i najmanji Φ 50 mm (Slika 4-3.).



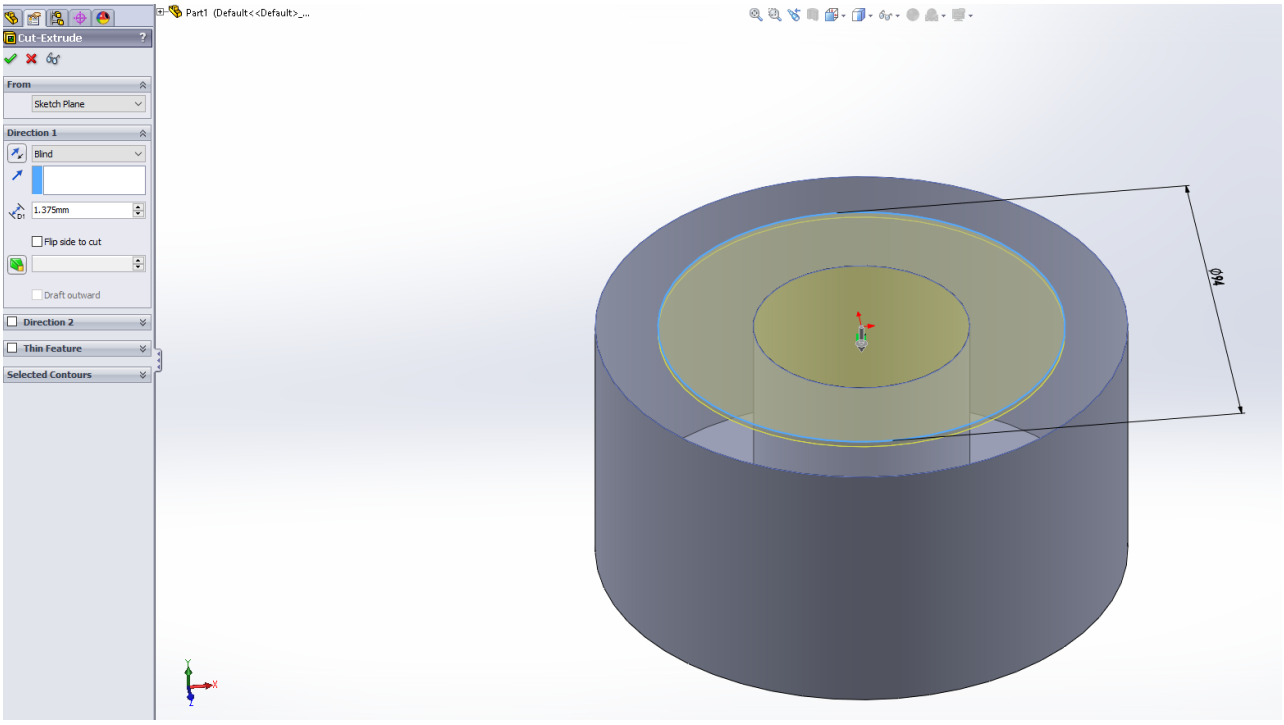
Slika 4-3. Izrada Sketch-a

Nakon pritiska na zelenu kvačicu završava se izrada Sketch-a. Izvlačenjem Sketch-a na visinu 62.25 mm, dobije se odmah i gotov provrt kroz model (Slika 4-4.). Na ovaj način se izbjeglo korištenje dodatne funkcije Extruded Cut, koja služi za odrezivanje tijela.



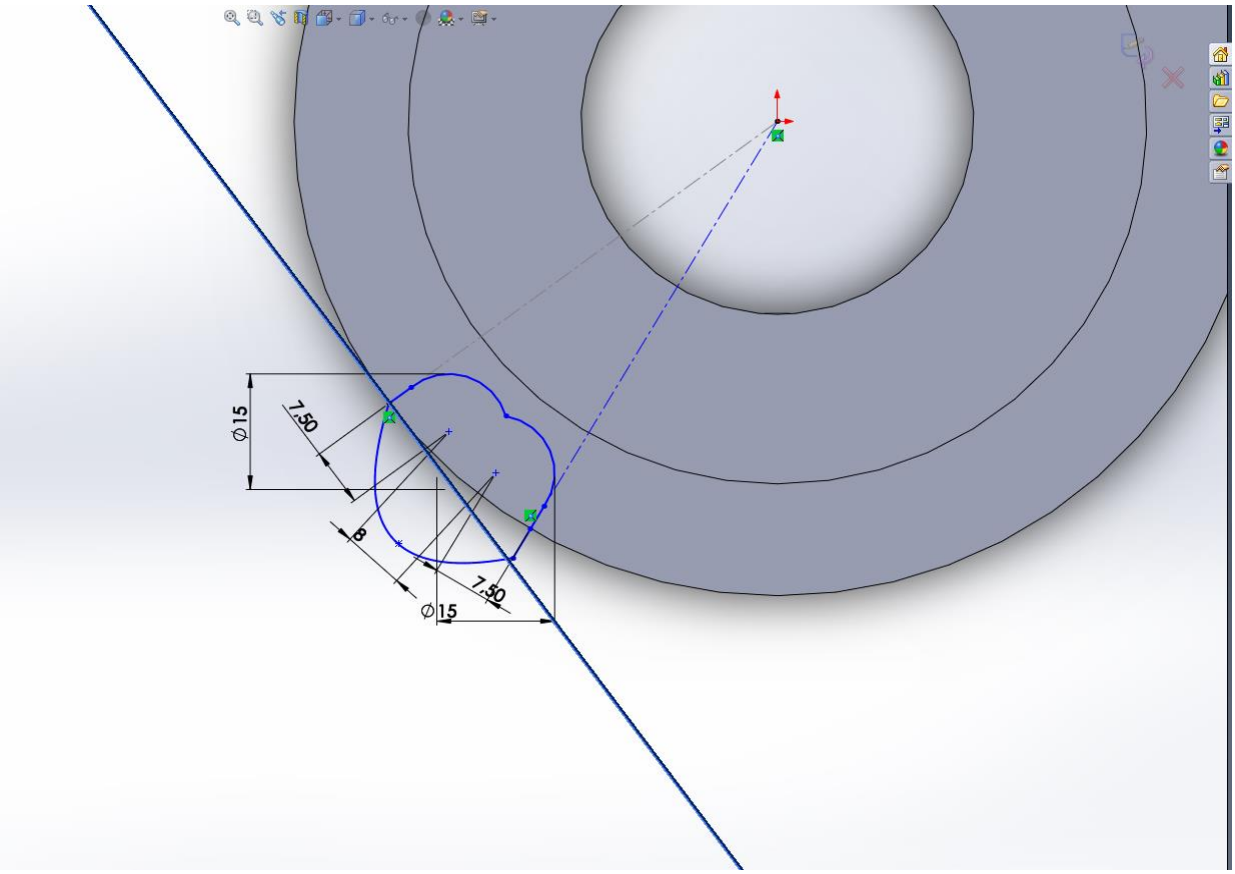
Slika 4-4. Extruded Boss/Base funkcija

Sljedeći korak je izrada stepenice Φ94 mm. Pomoću funkcije Extruded Cut odstranjuje se dio modela. Klikom na površinu na kojoj se izrađuje stepenica, crta se Sketch te se zatim odstranjuje dio modela visine 1.375mm (Slika 4-5.).



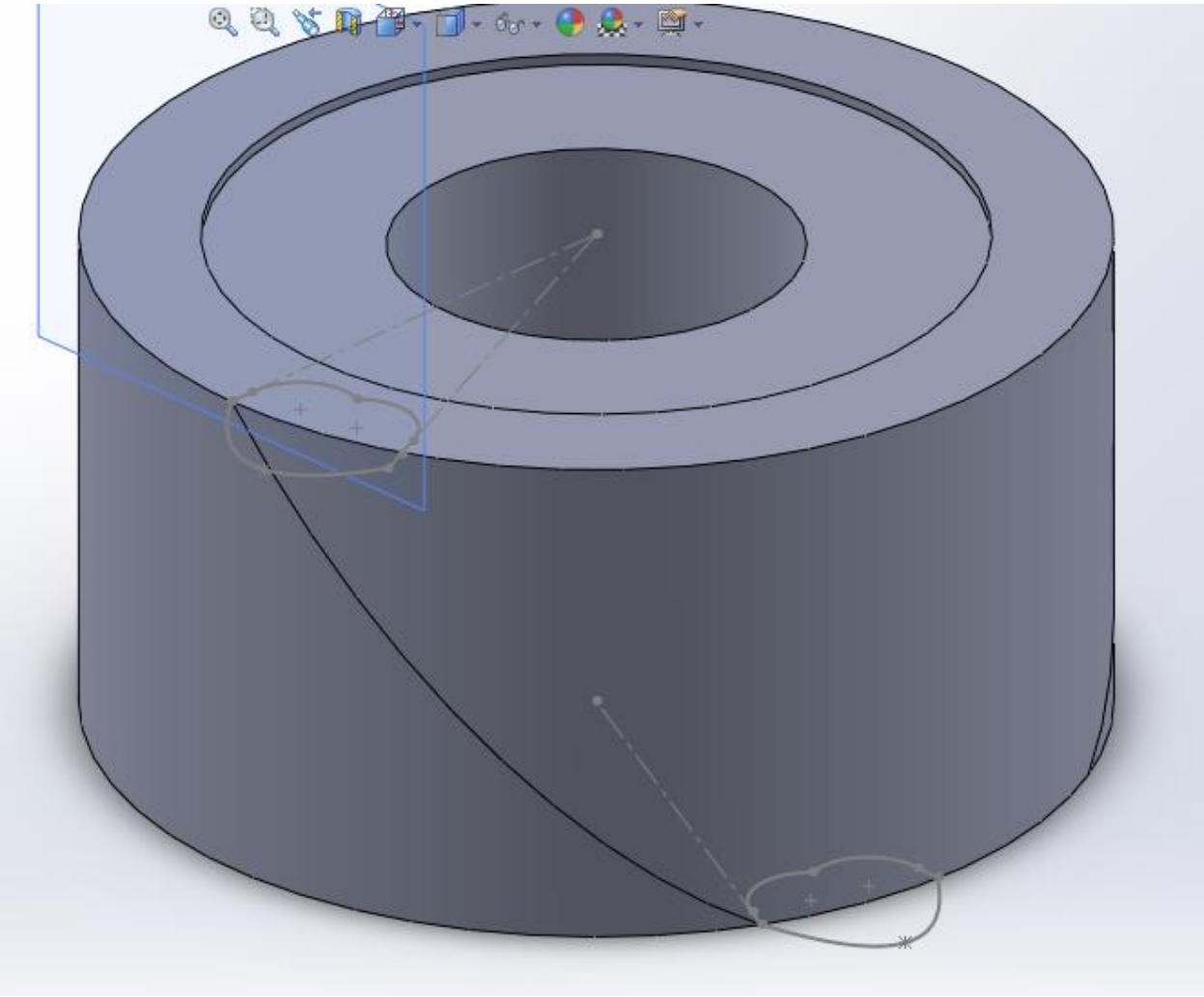
Slika 4-5. Extruded Cut funkcija

Slijedi izrada utora za odvod strugotine (špene). Crtanjem presjeka utora u Sketch-u (Slika 4-6.) na gornjoj površini modela, dimenzijama prikazanim na slici, te crtanjem ponovno istog presjeka utora na donjoj površini, ali razmaknutih za određeni kut dobije se prva i zadnja točka gdje utor počinje i završava. Jedina novina je postavljanje novih ravnina. Ulaskom u ravninu Top Plane crta se pomoćna linija točno određene dužine i smjera. Ravnina je okomita na pomoćnu liniju. Klikom na opciju Reference Geometry zatim na Plane dobiva se mogućnost postavljanje novih ravnina. Jednostavnim klikom na pomoćnu liniju, te se na kraj linije stvara nova ravnina.



Slika 4-6. Sketch za utor - odvod strugotine

Sljedeći korak kod izrade utora za odvod strugotine je izrada putanje po kojoj će se prvi presjek gibati prema drugom. Postavlja se ravnina okomito na točku gornjeg presjeka te se crta linija pod određenim kutom. Zatim pomoću funkcije Split linija se preslikava na površinu glodala te se dobije putanja na samoj površini glodala (Slika 4-7.).

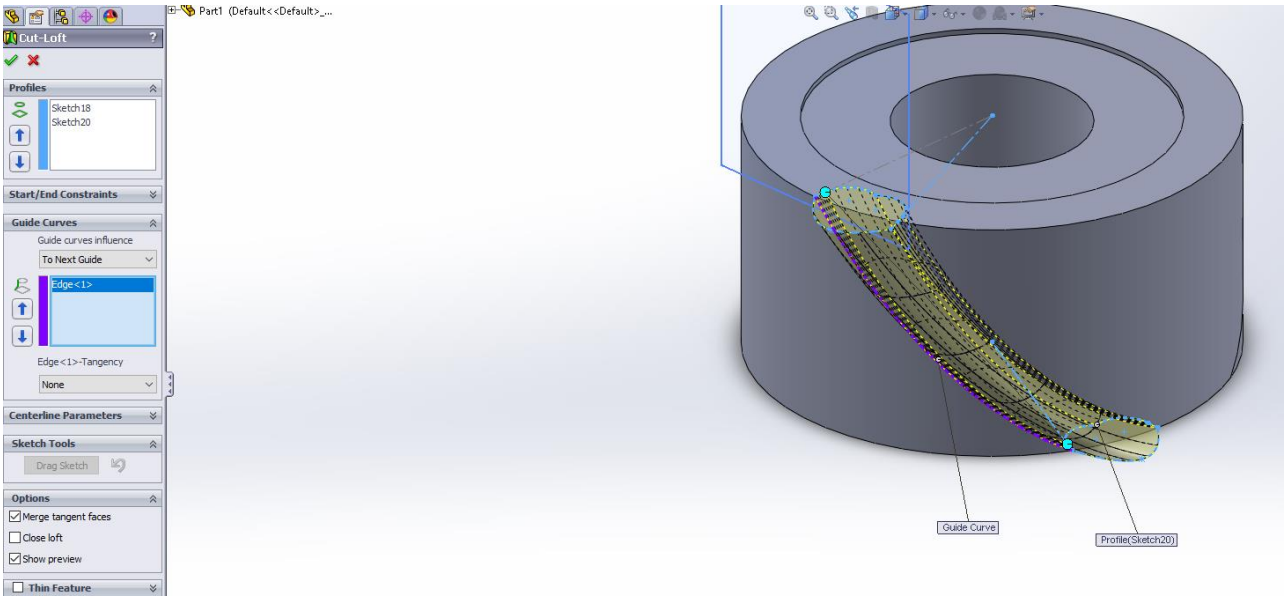


Slika 4-7. Split funkcija

Pomoću funkcije Cut-Loft odstranit će se višak modela te će se dobiti utor za odvod strugotine. Klikom na funkciju Cut-Loft otvara se novi prozor gdje se definira presjek i krivulja po kojoj će se odstraniti dio modela. Pod prozorom Profile označi se gornji i donji Sketch, a pod prozorom Guide Curves označi se krivulja koja se dobila pomoću funkcije Split.

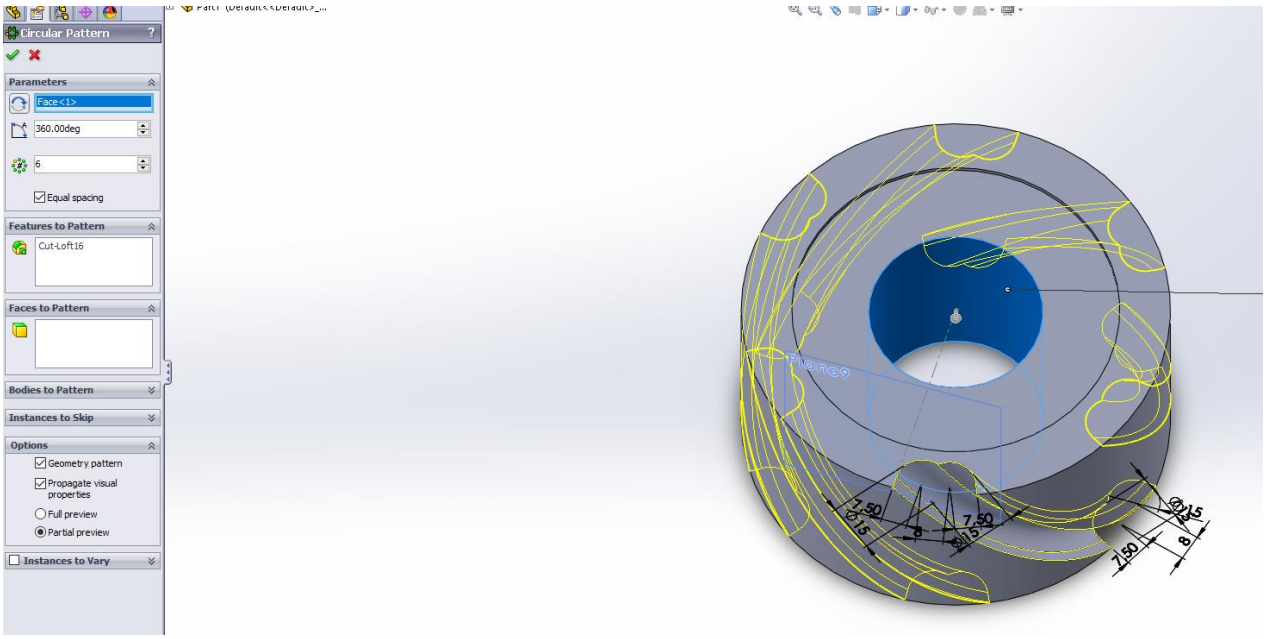
Funkcijom Cut-Loft također je moguće odstraniti ili dodati materijal sa dva različita presjeka. Primjer iz kružnice u kvadrat, ali obavezan dio funkcije je definiranje putanje po kojoj će se vršiti dodavanje ili odstranjivanje materijala.

Klikom na zelenu kvačicu dobije se jedan utor za odvod špene (Slika 4-8.).



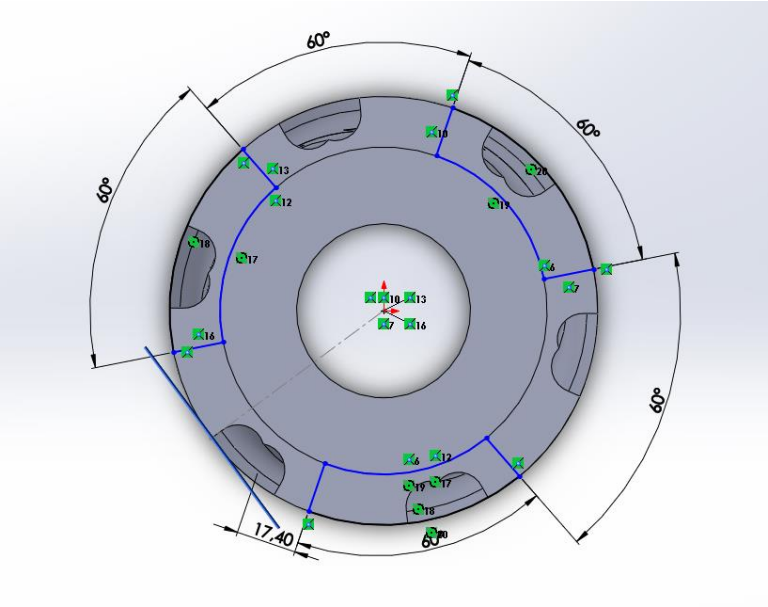
Slika 4-8. Utor za odvod špene

Zatim pomoću funkcije Circular Pattern preslika se utor na 6 različitih mjesta za 360° oko središnje osi. U prozoru Parameters prvo se definira os oko koje se želi napraviti preslikavanje, u kojem rasponu stupnjeva, te koliko preslikavanja. Zatim se u prozoru Features and Faces označi već izrađeni utor, te se potvrdi zelenom kvačicom (Slika 4-9.).



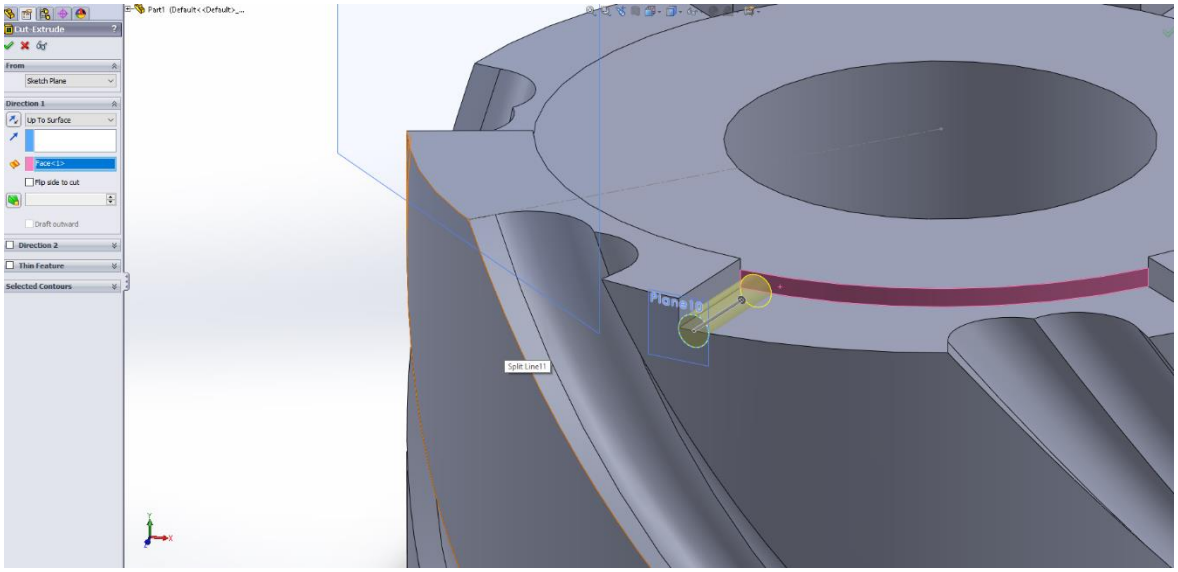
Slika 4-9. Circular Pattern funkcija

Sljedeći korak je izrada triju vanjskih stepenica (Slika 4-10.). Potpuno jednakim načinom rada kako je opisano prije u tekstu, crta se Sketch, te se koristi funkcija Extruded Cut. Dubina stepenica je 3.625mm.



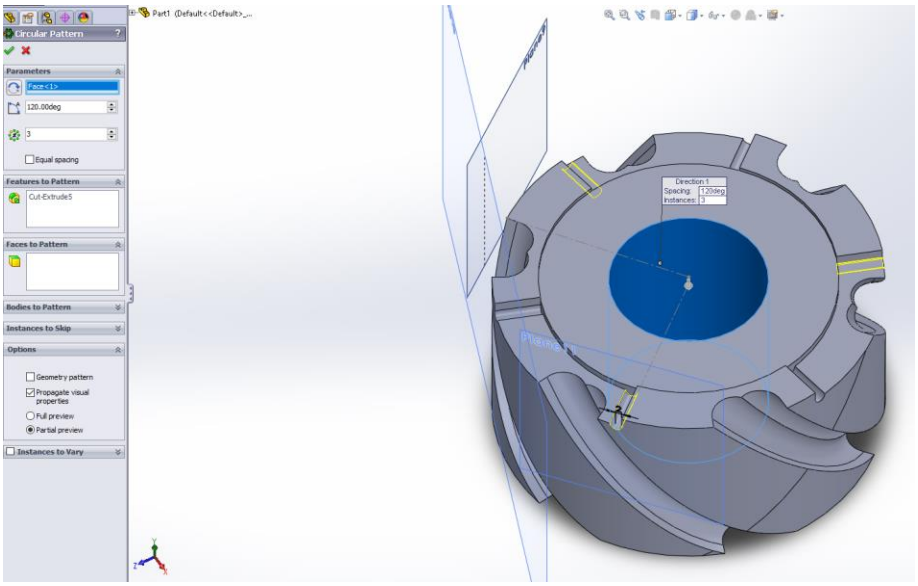
Slika 4-10. Izrada vanjskih stepenica

Slijedi izrada polovičnih rupa, odnosno utora u stepenicama. Prije korištenja funkcije Extruded Cut potrebno je izraditi ravninu okomito na mjesto gdje će se izraditi utor. Zatim se u istoj ravnini crta kružnica Φ4 mm, te se odstranjuje višak materijala (Slika 4-11.).



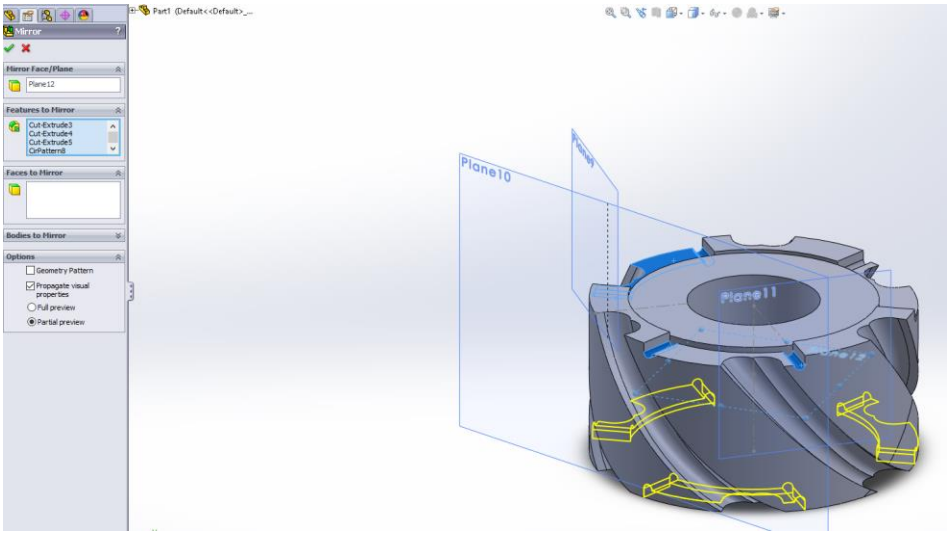
Slika 4-11. Izrada utora u stepenici

Kako postoje sve zajedno 6 utora na jednoj strani, pomoću funkcije Circular Pattern kružno se preslikavaju ostali utori. U prvom koraku se kružno preslikavaju 3 utora međusobne udaljenosti od 120° (Slika 4-12.). Zatim se izrađuje novi utor (primjer desni, ako je prvi bio lijevi) potpunim istim načinom, te se također kružno preslikava 3 puta po 120°.



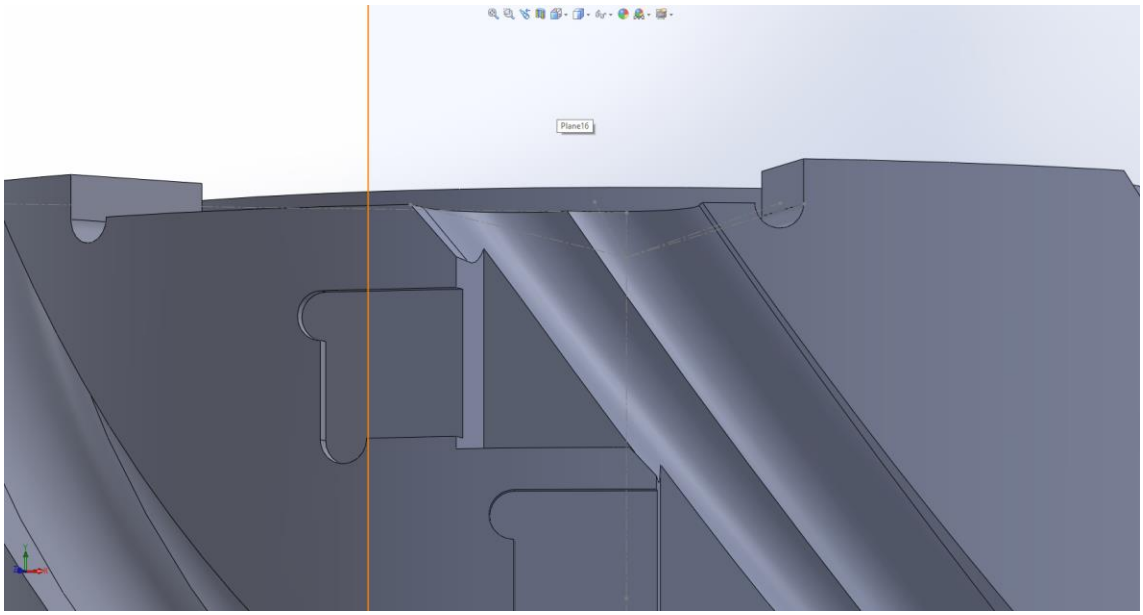
Slika 4-12. Kružno preslikavanje utora

Zatim cijelu gotovu stranu pomoću funkcije Miror preslikamo preko središnje ravnine na drugu stranu (Slika 4-13.). U prvom prozoru treba se označiti ravnina oko koje se želi napraviti preslikavanje, a u drugom prozoru ono što se želi preslikati.



Slika 4-13. Miror funkcija

Sljedeći korak je izrada utora za pločice. Za svaki utor treba se izraditi nova ravnina na jednak način kako je izrađena i prije. Crta se Sketch te se pomoću funkcije Extruded Cut izrađuje utor. Postupak se ponavlja 18 puta.

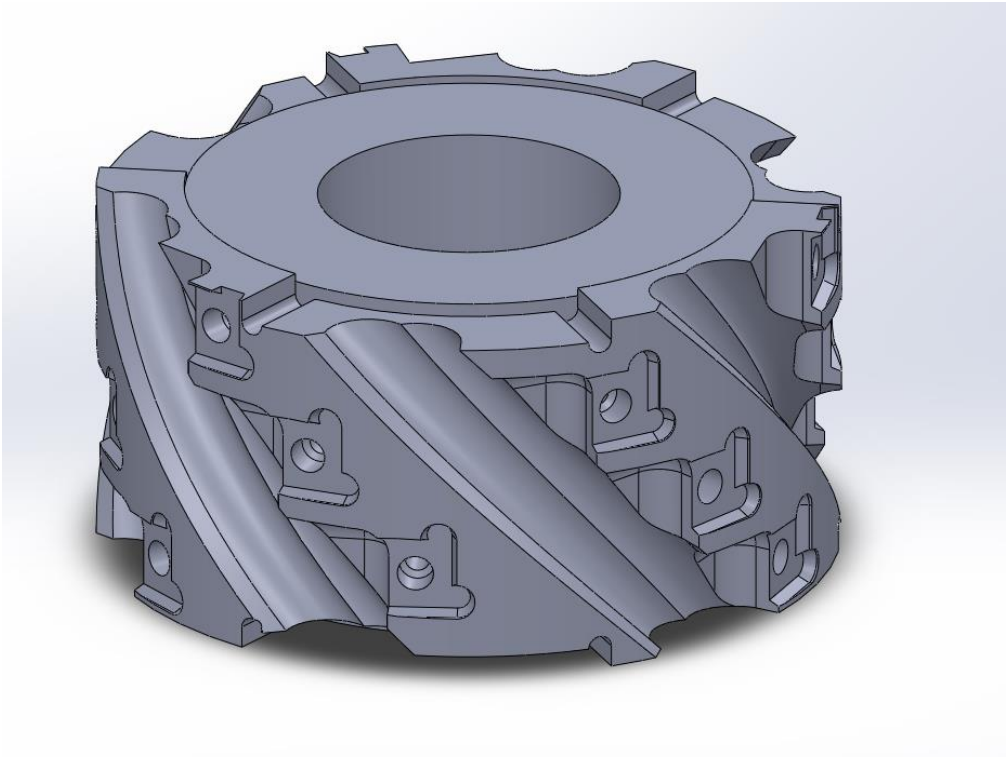


Slika 4-14. Izrada utora za pločice

Slijedi izrada rupa sa navojem koje služe za stezanje pločica. Pomoću funkcije Hole Wizard otvara se mogućnost raznolikog standardiziranog stvaranja rupa i navoja. Postupak se ponavlja kod svakog utora za pločice, 18 puta (Slika 4-15.).

Slika 4-15. Izrada rupa sa navojem

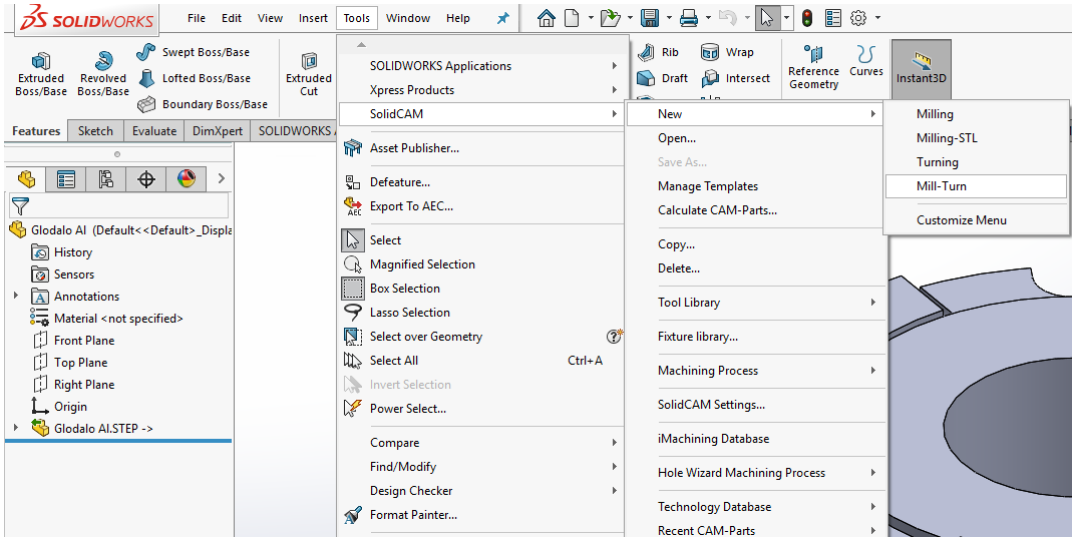
Posljednji korak kod izrade glodala su radijusi i zakošenja. Pomoću funkcija Filet i Chamfer, jednostavnim klikom na presjek površine, te ispunom veličine, izrađuju se radijusi i zakošenja.



Slika 4-16. Izgled gotovog modela glodala

5. CAM programiranje ispitnog zadatka (opis postupka)

Nakon izrađenog modela, nastavlja se programiranje u SolidCam-u. Jedan od uvjeta pokretanja SolidCam-a je unaprijed otvaranja modela u SolidWorks-u. Programiranje krećemo sa klikom na Tools – SolidCAM – New – Mill – Turn (Slika 5-1.).

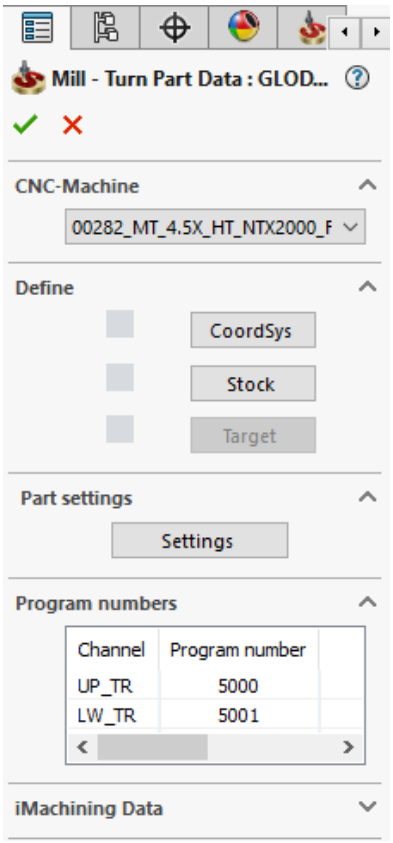


Slika 5-1. Pokretanje SolidCAM-a

Otvara se novi prozor u kojem se zadaje ime projekta, dali se radi sa milimetrima ili inchima, itd. Važna napomena kod spremanja, premještanja ili preimenovanja datoteka uvijek se mora vršiti u samom programu. Spremanje datoteke na radnu površinu u programu i kasnija organizacija radne površine premještanje iste datoteke u mapu, ne može se obaviti Copy – Past funkcijama. Isto vrijedi za preimenovanje datoteke.

U slučaju kršenja ove napomene, otvaranjem takve datoteke SolidCam javlja grešku, da se ne može pronaći izvorna datoteka, pa za svaku promjenu treba otvoriti datoteku u programu i u njoj raditi promjene.

Za slobodno premještanje i slanje tih datoteka postoji funkcija u SolidCam-u koja pretvara datoteku u nama poznati .rar format klikom na File – Send To.



Slika 5-2. Odabir stroja

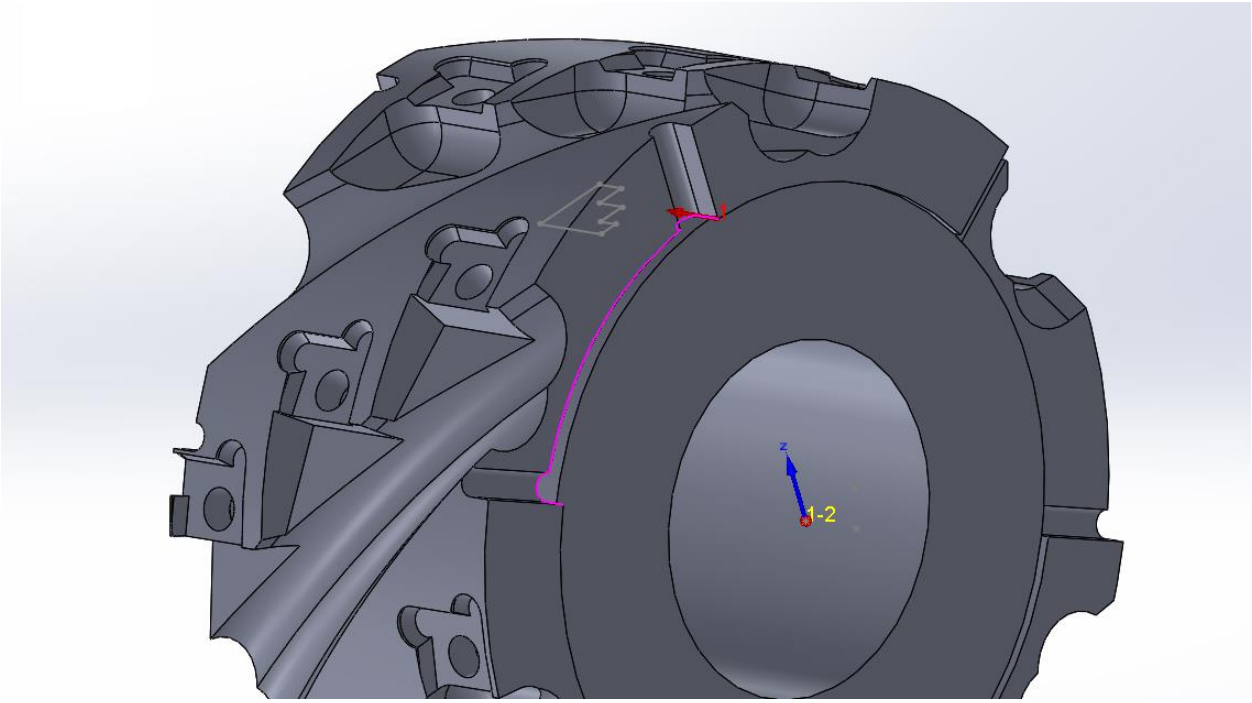
Klikom na zelenu kvačicu potvrđuje se unos, te se otvara novi prozor u kojem se unose podaci bitni za samo programiranje ispitnog zadatka. U novom prozoru (Slika 5-2.) prvi korak je izbor CNC stroja. Nije svejedno za koji stroj će se generirati G – kod. Neke glodalice su horizontalne, a neke vertikalne. Postoje tokarilice sa jednom revolver glavom i sa dvije. Strojevi se razlikuju po broju osi, pa tako postoje strojevi sa samo 2 osi, postoje strojevi i sa 6 osi.

Osim razlika u kinematici stroja, ima razlike i u načinu programiranja, odnosno G – kod i M – kod funkcije. Najčešći primjer razlike M – kod funkcije je funkcija za kraj programa. Siemens upravljanje, a i velika većina ostalih upravljanja ima za kraj programa funkciju M30, a opet postoji stroj sa Siemens upravljanjem koji ima funkciju za kraj programa M16, itd.

Zatim se mora definirati kordinantni sustav, pripremak i cilj (target).

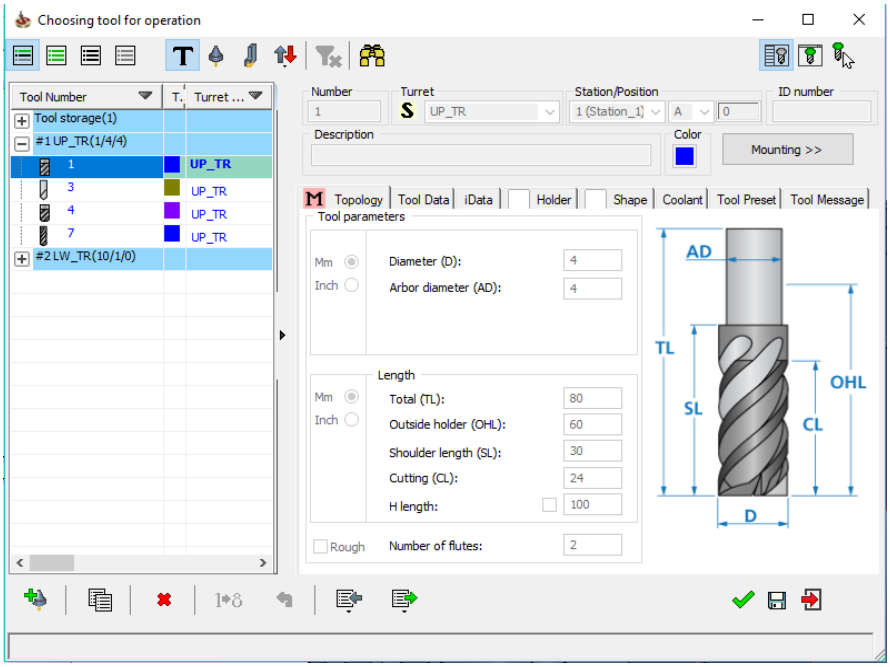
Klikom na zelenu kvačicu potvrđuje se unos, te se otvara radni prostor u kojem dodajemo operacije za izradu glodala. Lijevo na traci, klikom na Fixtures, definira se način stezanja pripremka. S obzirom na kordinatni sustav, program je ponudio točku stezanja na -62.25 mm, ali pošto se glodalo radi pomoću naprave, postavlja se točka stezanja na -120 mm. To je jedina promjena napravljena pod Fixtures.

Zatim se dodaje prva operacija – obrada stepenica. Desnim klikom na Operations – Add Milling Operation – Profile otvara se novi prozor u kojem se definira način obrade operacije. Pod karticom Geometry, treba se postaviti novi kordinatni sustav kojem Z os prolazi okomito sa središnjom osi vrtnje glodala. Ovaj korak se ponavlja za svaku novu operaciju, pa se kao takav neće više opisivati. Sljedeće se treba definirati kontura po kojoj će se glodalo kretati. Definirana kontura prikazana je na Slici 5-3.



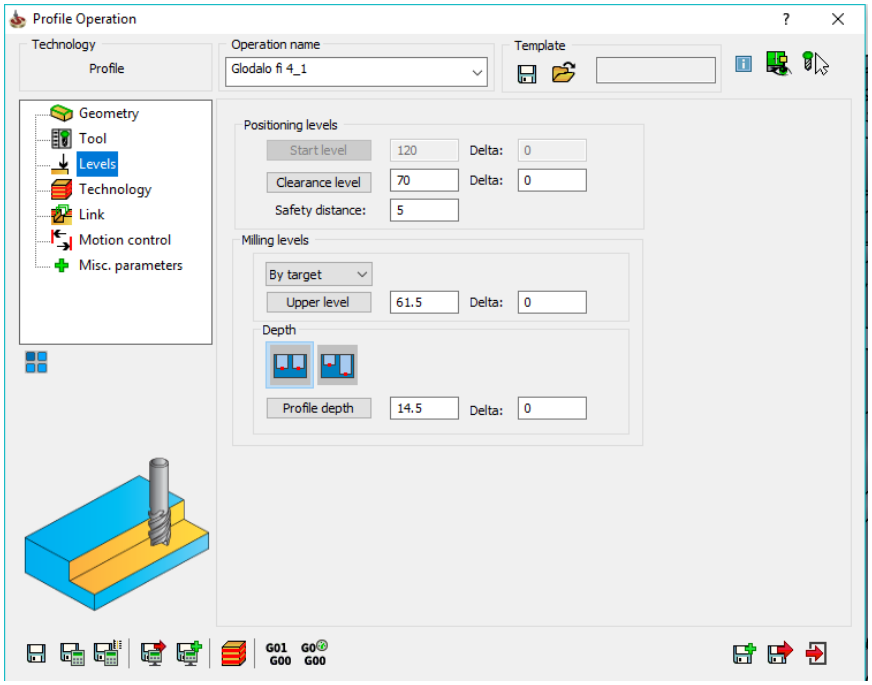
Slika 5-3. Izgled definirane konture

Zatim pod karticom Tool treba definirati alat koji će se koristiti za obradu stepenica. Klikom dolje lijevo na Add New Tool otvara se novi prozor u kojem se definiraju sve karakteristike alata (Slika 5-4.). Odabrani alat je fino glodalo Φ4mm.



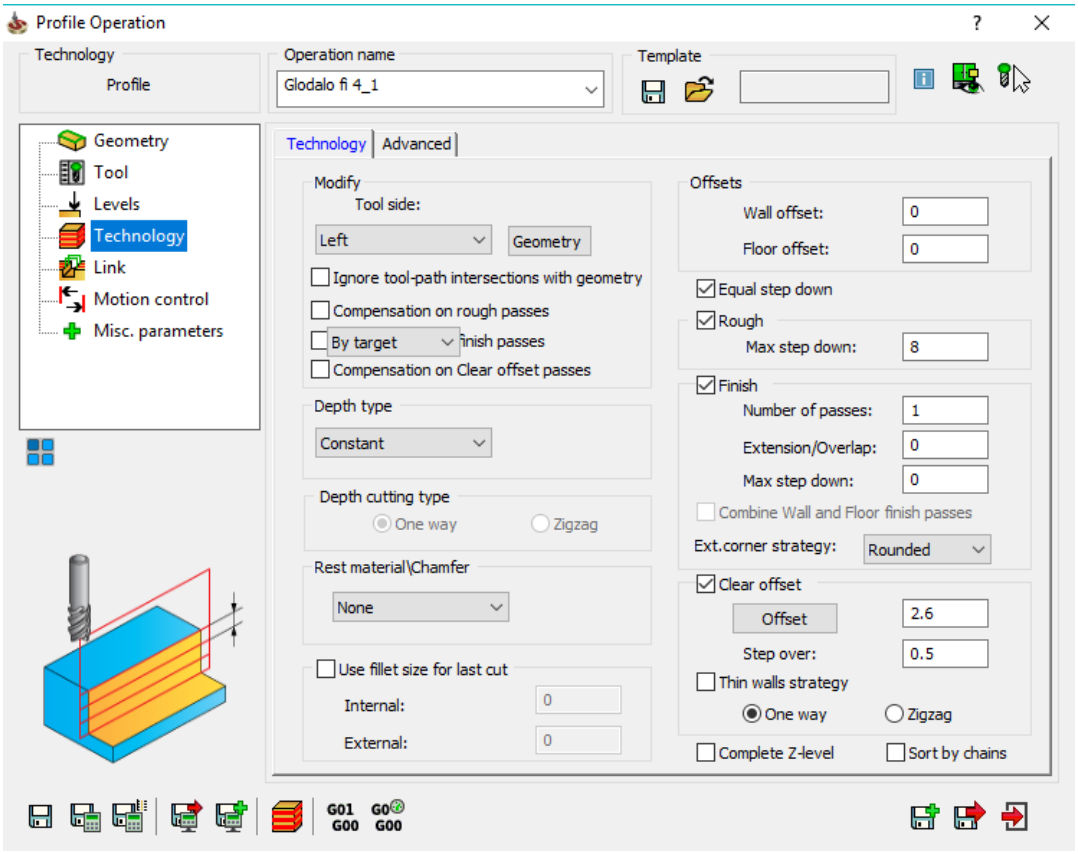
Slika 5-4. Karakteristike alata

Pod karticom Levels (Slika 5-5.) potrebno je definirati početak obrade, odnosno gdje počinje obrada materijala, te dubinu obrade. Pod Upper Level definirano je 61.5 mm, odnosno Φ123 mm, a pod profile depth definirana je dubina stepenice 14.5 mm.



Slika 5-5. Kartica Levels

Moguće je mijenjat i „Sigurnosnu udaljenost“ ili Safety Distance. Ovdje se definira udaljenost kod koje se prelazi iz brzog hoda u radni hod.

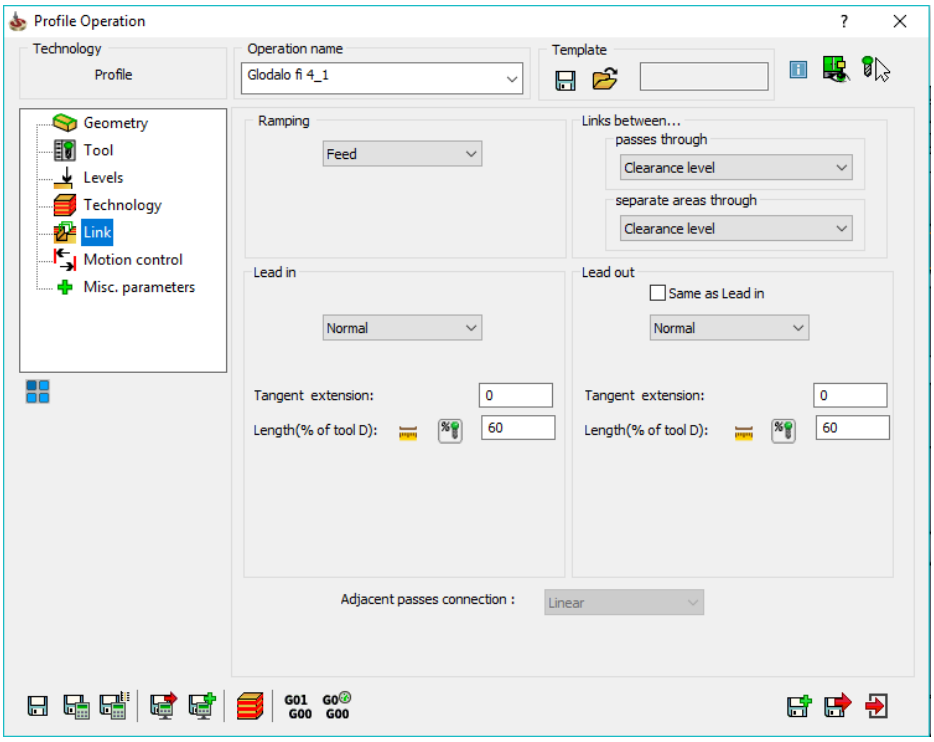


Slika 5-6. Kartica Technology

U kartici Technology (Slika 5-6.) dolazi se do najbitnijih značajki vezanih za operaciju. Pod opcijom Max step down definirano je 8 mm, što znači da dubina stepenice od 14.5 mm bude se radila u 2 prolaza po 7.25mm (U praksi kod izrade glodala radila se 3 puta).

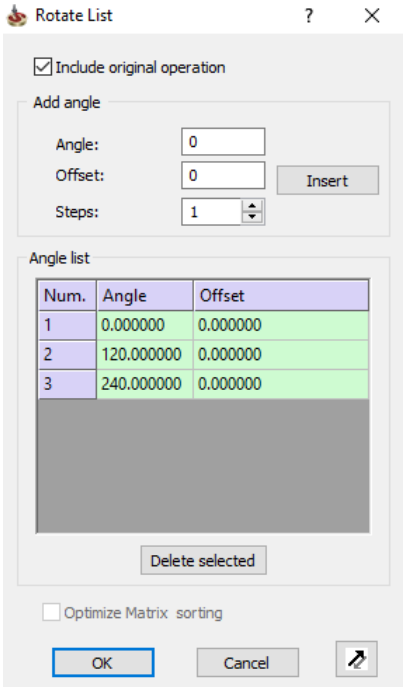
Zatim u opciji Clear offset definirano je da glodalo skida maksimalno 0.5 mm po širini. Od ostalih opcija ništa se drugo nije mijenjalo.

Pod opcijom Link (Slika 5-7.) definira se način ulaza i izlaza alata iz materijala. Konkretno za ovu operaciju nisu rađene nikakve promjene.



Slika 5-7. Kartica Link

Opcije Motion control i Misc. Parameters nisu ništa mijenjane. Zatim dolje lijevo klikom na Save & Calculate izradila se prva stepenica.

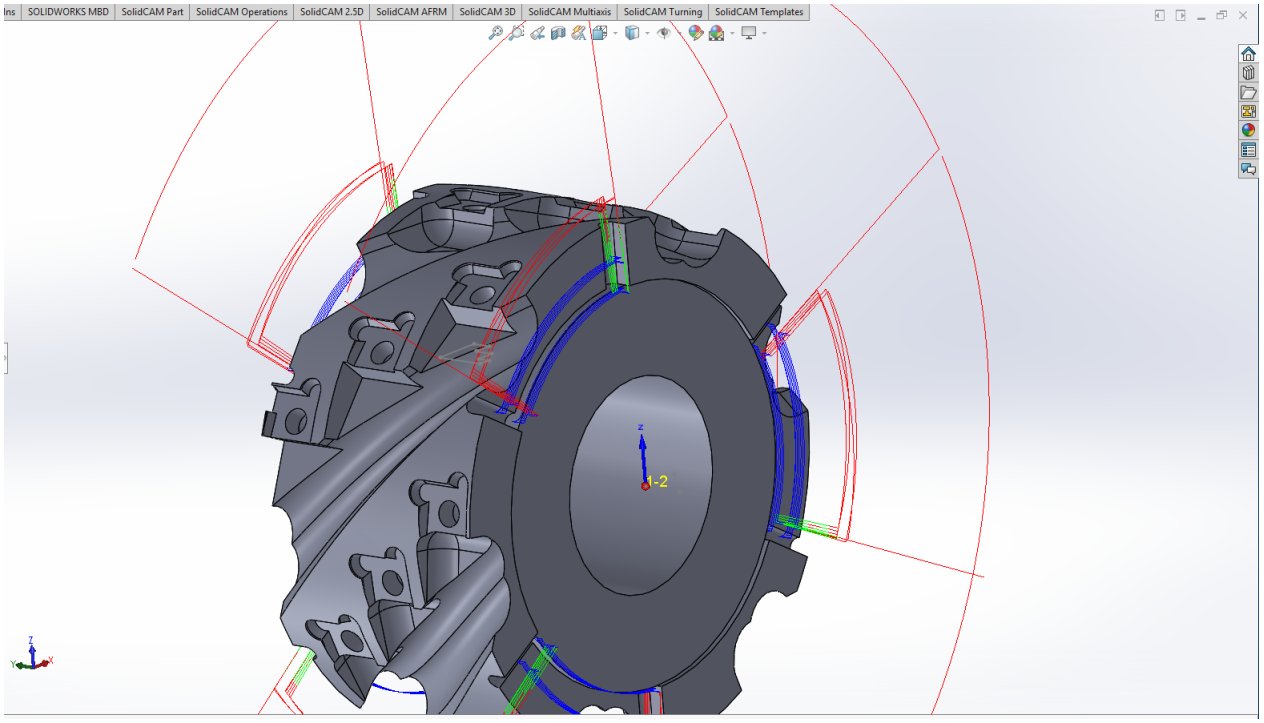


Slika 5-8. Rotiranje za 120° dva puta

Prva stepenica je iz programirana, te kako postoji sve zajedno šest stepenica, ne treba se svaka posebno programirati. Klikom na četiri plava kvadrata lijevo ispod opcija (Slika 5-7.) ili desnim klikom na operaciju te Transform otvara se novi prozor u kojem odabiremo 4 – axis rotaciju. Otvara se novi prozor (Slika 5-8.) u kojem pod opcijom Angel upiše se 120° te opcijom Steps broj 2. Zatim se potvrdi opcija Include orginal operation i stisne tipka Insert.

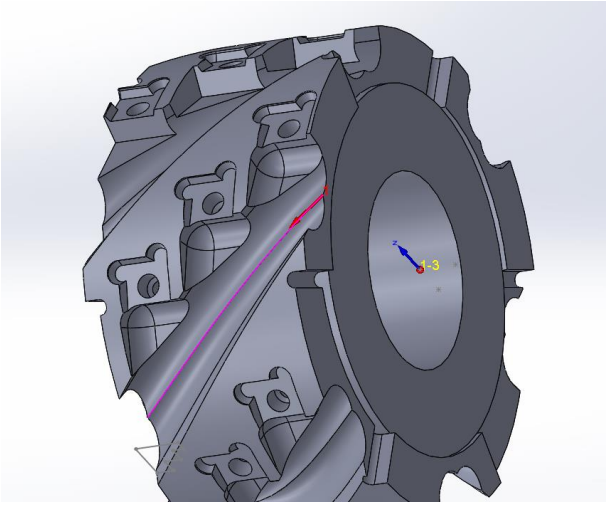
Na ovaj način obuhvatile su se još dvije stepenice iz prednje strane. Na jednak način pomoću Miror opcije obuhvaćaju se i tri stepenice sa stražnje strane.

Slika 5-9. prikazuje izgled prve operacije za obradu stepenica.

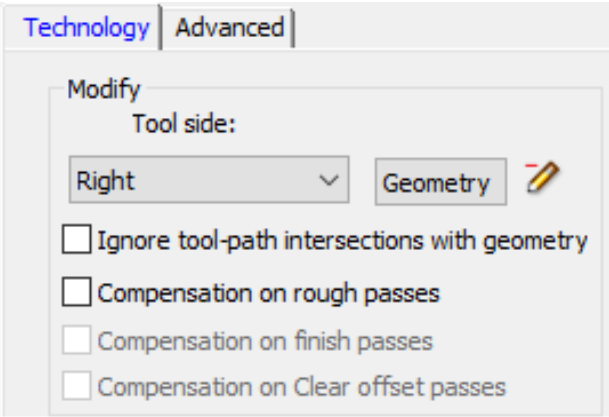


Slika 5-9. Izgled prve operacije

Zatim, ponovnim otvaranjem Profile načinom programiranja, programira se utor za odvod strugotine. Odabrana geometrija prikazana je na slici 5-10. Pošto su dva utora, lijevi i desni, sa istom geometrijom se programiraju oba, samo pod karticom tehnologije mijenja se način putovanja alata. Za jedan utor je lijevi način kretanja alata s obzirom na konturu, a za drugi utor je desni (Slika 5-11.).

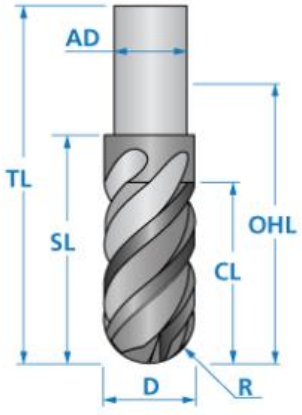


Slika 5-10. Geometrija za izradu utora



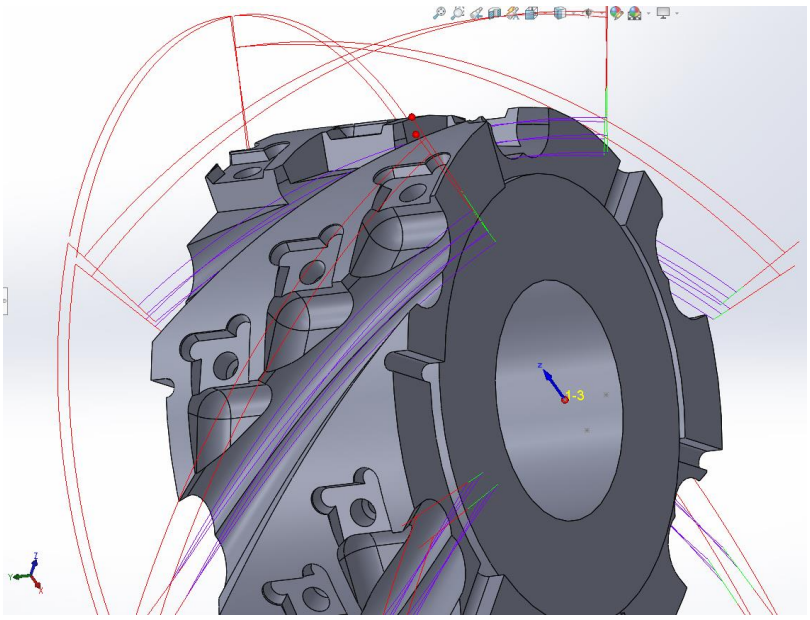
Slika 5-11. Izbor načina kretanja alata s obzirom na konturu

Alat korišten za ovu obradu je kuglično glodalo Φ 15, prikazan na slici 5-12.



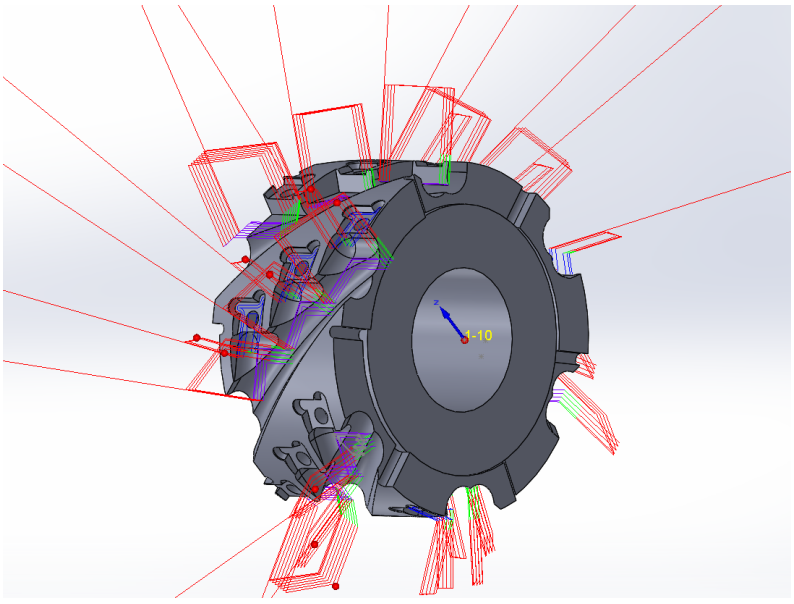
Slika 5-12. Kuglično glodalo Φ15

Izgled druge operacije prikazano je na slici 5-13.

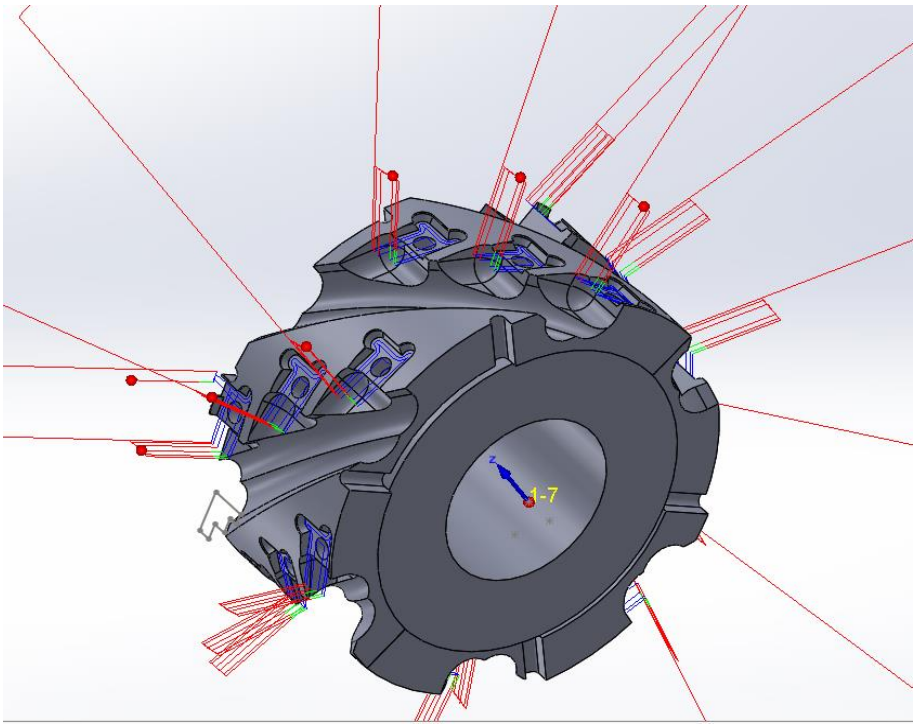


Slika 5-13. Izgled druge operacije

Ponavljajući jednaki postupak rada, programira se i ostatak glodala sve osim programiranja bušenja rupa. U daljnjem tekstu ovog poglavlja prikazuju se slike samog izgleda ostalih operacije (Slika 5-14., Slika 5-15.) te način programiranja za bušenje.

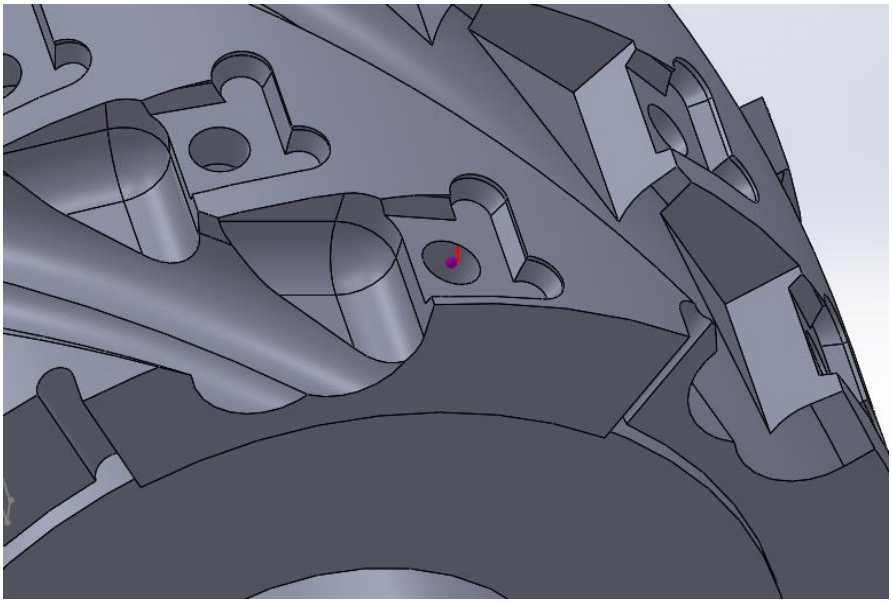


Slika 5-14. Izgled treće operacije



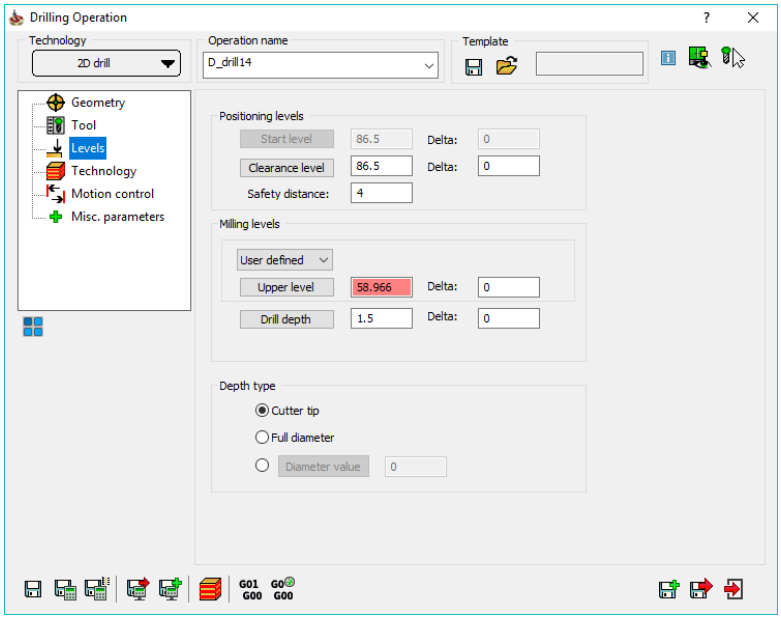
Slika 5-15. Izgled četvrte operacije

Slijedi opis postupka izrade operacije za bušenje. Desnim klikom na Operations – Add Milling Operation – Driling otvara se novi prozor za operaciju bušenja. Odabrana geometrija prikazana je na slici 5-16. Točka predstavlja središte rupe.



Slika 5-16. Izgled geometrije za operaciju bušenjem

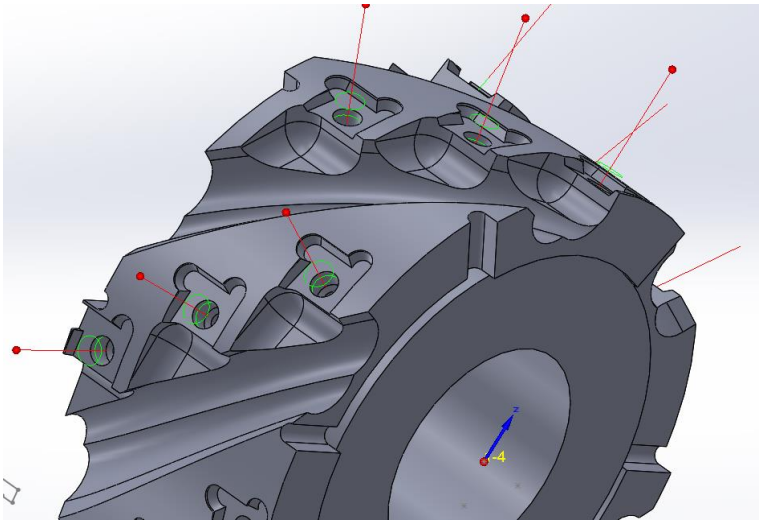
Pod karticom Levels na jednaki se način treba odabrati početka i završetak procesa bušenja (Slika 5-17.). Kao sigurnosna udaljenost postavljeno je 4 mm.



Slika 5-17. Parametri za operaciju bušenjem

Kartica Technology i Motion control nije ništa mijenjana. Zatim se transformiraju i obuhvate sve ostale rupe na jednak način kako je i prije objašnjeno u tekstu.

Izgled operacije bušenja prikazano je na slici 5-18.



Slika 5-18. Izgled operacije bušenjem

Desnim klikom na Operations – Generate G Code otvara se novi blok za pisanje u kojem se nalazi G – kod za stroj koji se odabrao na početku. Kao takav prenosi se u stroj i programiranje za ovo glodalo je gotovo.

6. Opis CNC obradnog centra Hitachi Super Hicell 250

6.1. Kompanija Hitachi

Hitachi je Japanska multinacionalna kompanija sa središtem u Tokiu, Japan. Hitachi je vrlo raznovrsna tvrtka koja posluje u jedanaest poslovnih segmenata:

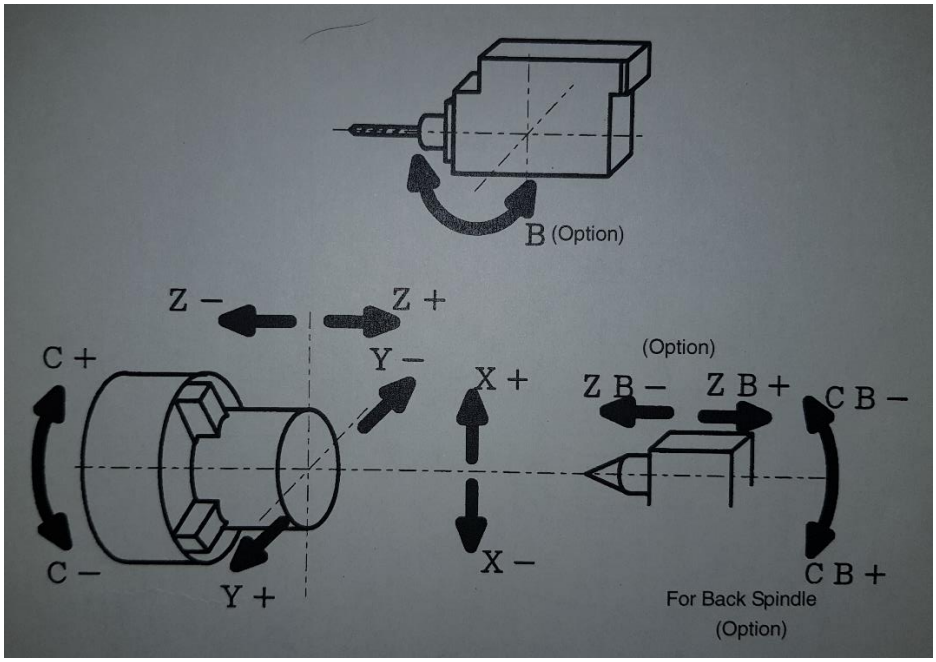
Slika 6-1. Logo kompanije Hitachi [8]

- informacijski i telekomunikacijski sustavi,
- socijalna infrastruktura,
- visoko funkcionalni materijali i komponente,
- financijske usluge,
- elektroenergetski sustavi,
- elektronički sustavi i oprema,
- automobilski sustavi,
- željeznički i urbani sustavi,
- digitalni mediji i potrošački proizvodi,
- građevinski strojevi i
- ostali dijelovi i sustavi. [8]

6.2. Osnove obradnog centra

Slika 6-2. Stroj Hitachi Super Hicell 250

Stroj posjeduje sedam osi. Svaka os stroja prikazana je na slici 6-1. Maksimalno šest osi mogu raditi istovremeno.



Slika 6-3. Prikaz osi stroja

Stroj posjeduje lijevu i desnu steznu glavu. Desna stezna glava može služiti kao konjić ako se u nju stegne šiljak ili kao eliminacija čovjeka između prvog i drugog stezanja. Također, rotirajuću glavu koja se može pozicionirati između 0° i 180°. Glava istovremeno može imati glodaći i tokarski alat na sebi.

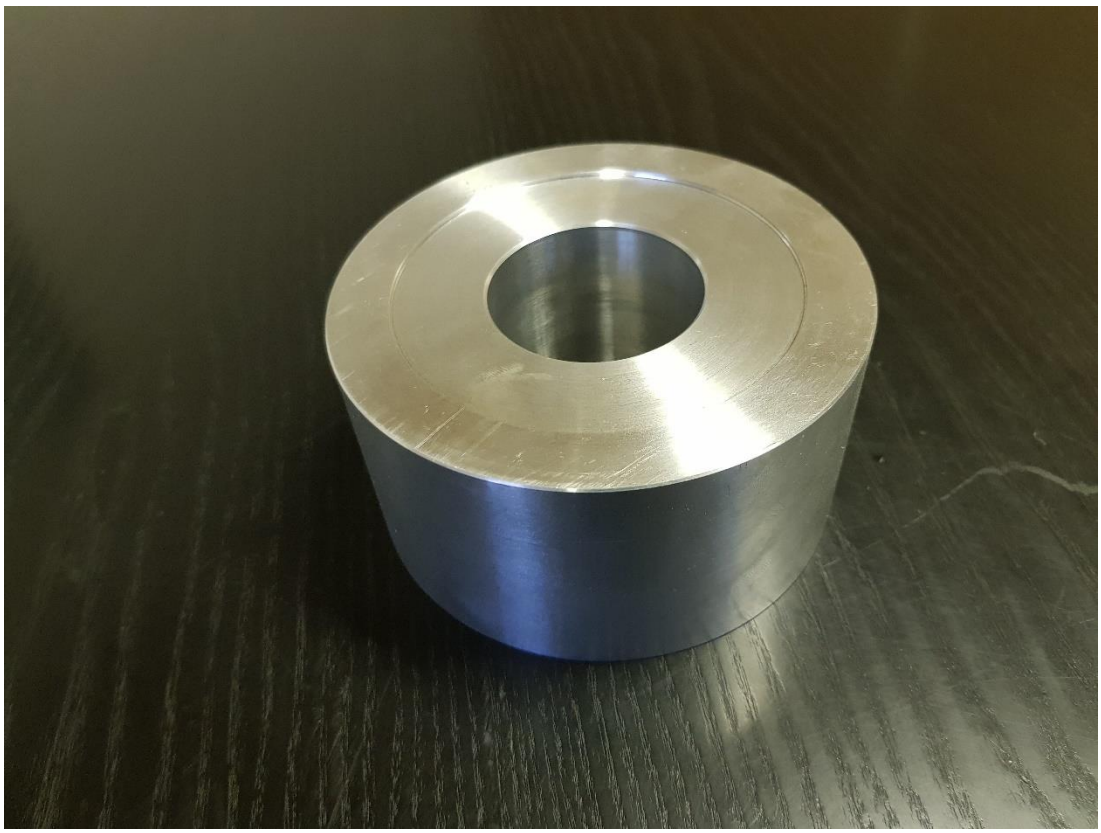
Težina stroja je nešto viša od 8000 kg. Snaga stroja ovisi o vrsti obrade. Za operacije tokarenjem, snaga stroja je 29 kW, a za operacije glodanja i bušenja, snaga stroja je 36 kW. Maksimalna brzina okretaja stezne glave iznosi 4000 okr/min, a minimalna 30 okr/min. Kod gonjenih alata, maksimalna brzina okretaja je 8000 okr/min, a minimalna 80 okr/min.

Maksimalni mogući pritisak na čeljusti (pakne) je 140 bara, iako je nekih 25 bara maksimalno što se koristi u praksi. Reguliranje pritiska ovisi o vrsti materijala koji se obrađuje, obliku komada, dubini rezanja, itd. Primjer prsteni kod kojih je debljina stjenke svega 10 mm, pritisak bi bio oko 6-7 bara, a kod punih tvrdih materijala, pritisak je 25 bara, pa postoji i mogućnost skidanja materijala sa velikim dubinama rezanja, preko 8 mm.

Upravljanje stroja je Fanuc 16i.

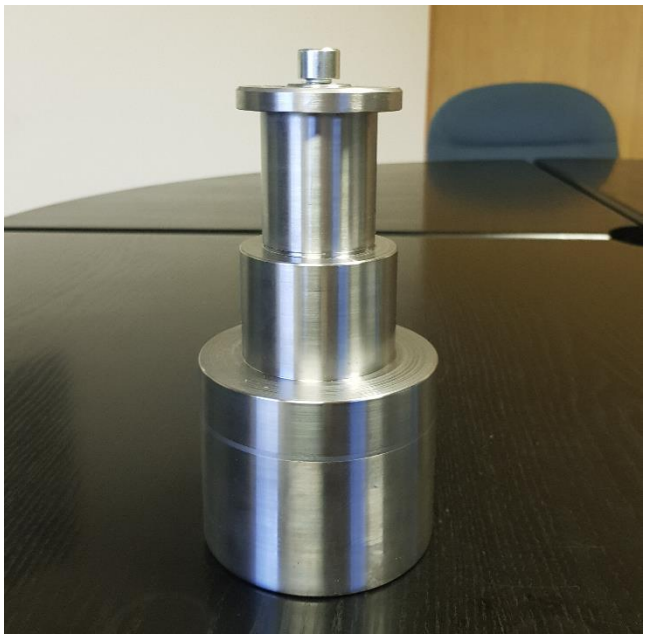
7. Izrada glodala na stroju

Kod izrade glodala prije samog programiranja u SolidCAM-u izradio se plan i način kako doći do konačnog cilja najlakšim, ali ne i najkraćim putem. Ideja izrade krenula je od potpunog tokarenja pripremka (Slika 7-1.) u dva stezanja od materijala aluminija (Prilog 1. prikazuje nacrt pripremka). Cilj ovog koraka je potpuna eliminacija tokarskih operacija u konačnom stezanju, a da se glodalo može izraditi u jednom stezanju glodaćim alatima.



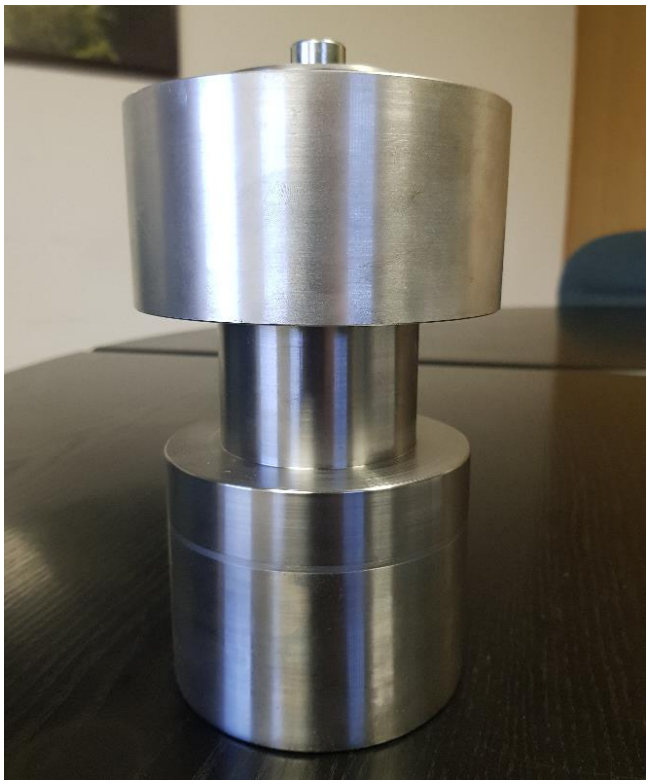
Slika 7-1. Pripremak

Zatim se izradila naprava (Slika 7-2.) koja kao glavnu zadaću ima izradu glodala u jednom stezanju glodaćim alatima (Prilog 2. prikazuje nacrt naprave). Ostale zadaće naprave su dobro stezanje, odnosno da ne dođe do pomicanja pripremka tijekom obrade, pa je i to jedan od razloga zašto se naprava i rupa glodala izrađivale na toleranciju H7, odnosno h7. Zatim zadaća je bila i stvaranja dovoljnog prostora za izlaz alata, a da ne dođe do sudara sa steznom glavom (amerikanerom).



Slika 7-2. Naprava

Slika 7-3. prikazuje izgled pripremka stegnutog u steznu glavu.



Slika 7-3. Pripremak i naprava

Nakon izrađenog pripremka i naprave, slijedilo je programiranje u SolidCAM-u. Utvrdili su se potrebni alati za izradu glodala. Nakon narudžbe i dostave alata, alati su se stegnuli u držače alata.

Alat potreban za izradu glodala:

- Kuglično glodalo Φ15 (Slika 7-4.)

Slika 7-4. Kuglično glodalo Φ15

- Kuglično glodalo Φ10 (Slika 7-5.)

Slika 7-5. Kuglično glodalo Φ10

- Fino ravno glodalo Φ4 (Slika 7-6.)

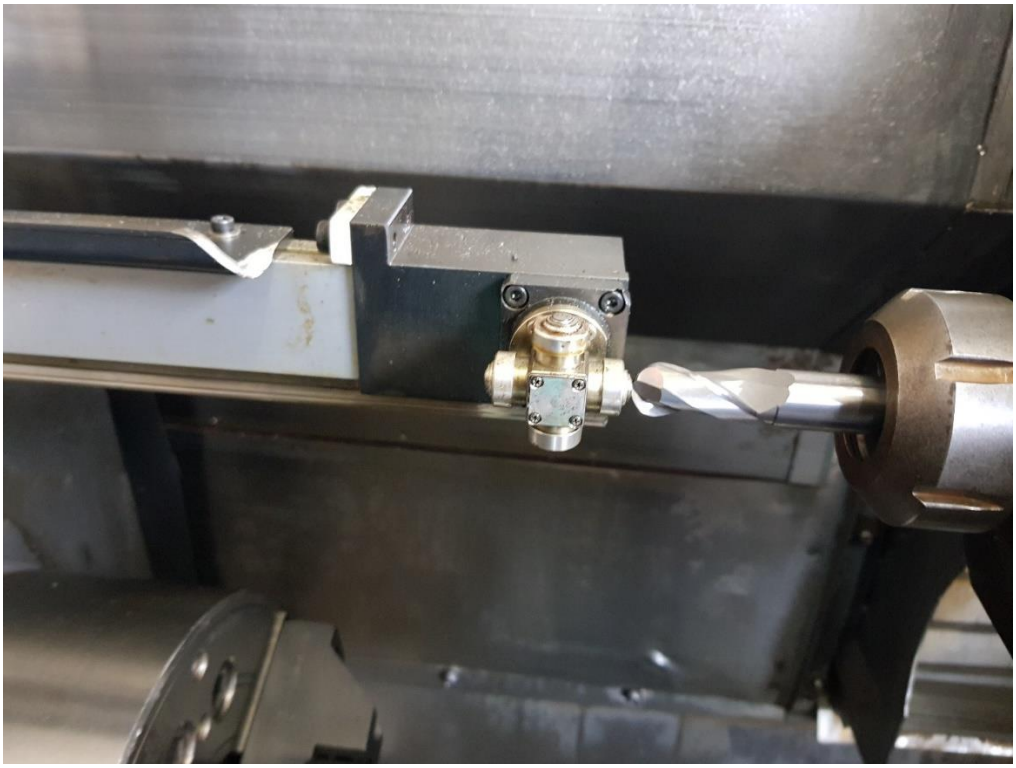
Slika 7-6. Fino ravno glodalo Φ4

- Svrdlo Φ3.3 (Slika 7-7.)

Slika 7-7. Svrdlo Φ3.3

- Ureznica M4

Nakon postavljanja alata sa držačima u stroj, potrebno je uzeti korekcije alata. Osim uzimanja korekcije alata sa dubinomjerom, postoji i mogućnost uzimanja korekcija alata preko ruke za umjeravanje. Umjeravanje u ovom primjeru izvršeno je pomoću ruke na stroju (Slika 7-8.).



Slika 7-8. Ruka za umjeravanje

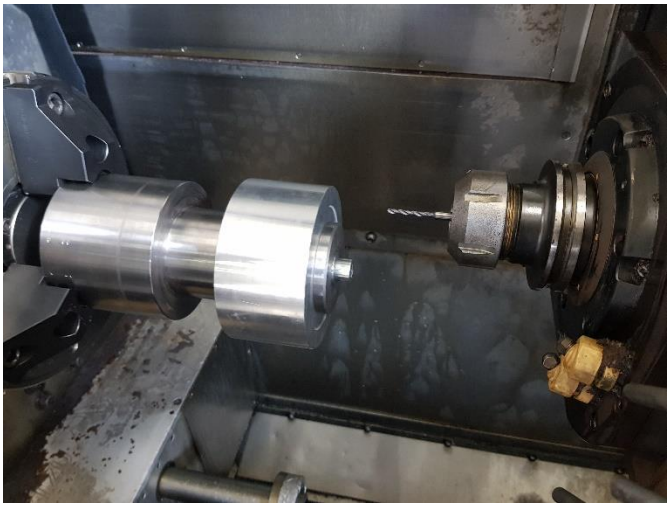
Poslije umjeravanja alata, postavljaju se pakne u steznu glavu. Postupak za postavljanje pakni u steznu glavu:

- Izmjeri se promjer komada na koji dolaze pakne
- Pozicionira se sa unutarnjim nožem za tokarenje na promjer za 2-3 mm veći
- Svaka pakna ima svoje mjesto na koje mora doći
- Pakne se postavljaju taman toliko da jedva mogu dirati nož
- Stegnu se vijcima
- Stavlja se komad u pakne, te se steže
- Izmjeri se hod pakni (Konkretno za ovaj slučaj, pakne imaju 11 mm hoda, ako je hod pakni 10, 11 mm to je znak da nije sigurno stegnut komad)
- Podesi se pritisak (u barima) ovisan o obliku komada

Poslije stezanja komada, odnosno naprave provjera se odstupanje pomoću mjerne ure, odnosno komparatora (Slika 7-9.) od središnje osi vrtnje. Konkretno za ovaj školski primjer nije toliko bitno to odstupanje, ali kod ozbiljnih nacrta i traženih kvalitetama odstupanje veće od pet stoti (0,05 mm) nije dopušteno.

Slika 7-9. Provjera pomoću mjerne ure

Postavljanje nul – točke komada prema kojem je izrađeni G – kod izvršeno je pomoću svrdla Φ3.3. Laganom vrtnjom alata, ručnim načinom rada (JOG) takne se prednja površina komada (Slika 7-10.). Komad se unaprijed pozicionira na određene stupnjeve, kako bi alat taknuo mjestu koji će biti naknadno odstranjeno. Kada se takne komad sa alatom na kojem je uzeta korekcija, u računalo stroja unese se podatak da alat trenutno stoji na nuli.



Slika 7-10. Uzimanje nule komada

I kao zadnji korak pripreme stroja za rad, potrebno je unijeti G – kod u stroj. Unošenje programa u stroj moguće je na više načina. Jedan od načina je direktno upisivanje G – koda u stroj. S obzirom na veličinu programa, ovaj način je nezamisliv. Drugi način unosa programa je preko PC kartice (Slika 7-11.) i na ovaj način je unos izvršeni.

Slika 7-11. PC kartica za prijenos memorije

Prvi problem koji se javio kod izrade programa bila je sama veličina istog. Trebalo je svesti 6500 blokova G –kod programiranog od SolidCAM-a na maksimalno 1000 blokova, kako bi se uspio ubaciti u stroj, a da se ne brišu ili ne premještaju već postojeći programi. Na rješavanje ovog problema pristupilo se izradom pod programa. U tom slučaju, 6500 blokova se zamijenilo sa 2500 blokova. Kako je i dalje postojao problem prevelikog programa, rješenje koje se ponudilo zamijenilo je istih 2500 blokova sa svega 600 blokova. Ovo je omogućeno na način da se komad programira na tri etape. Nakon prolaska svih alata, ponavljaju se isti pod programi zarotirani za 120° dva puta.

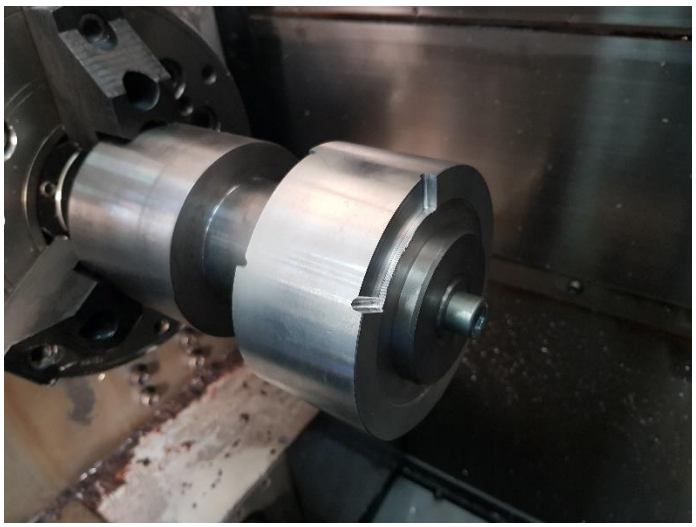
Kao negativna posljedica ovog rješenja javila se količinski velika i nepotrebna izmjena alata. Kuglično glodalo Φ15 nakon dva izrađena utora za odvod strugotine, zamijenilo se sa kugličnim glodalom Φ10, iako je kuglično glodalo Φ15 moralo izraditi još četiri utora.

Ukupna izrada glodala trajala je osam sati, uz stalni oprez i sa smanjenim veličinama posmaka.

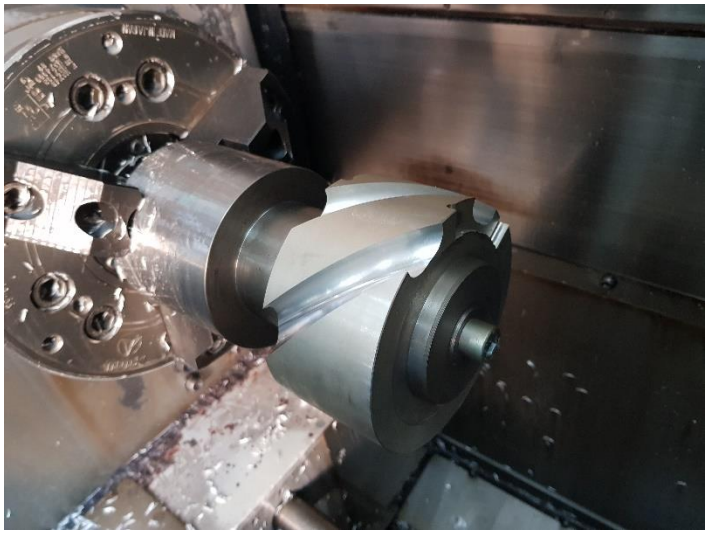
Prilog 3. prikazuje glavni program.

Prilog 4. prikazuje pod program.

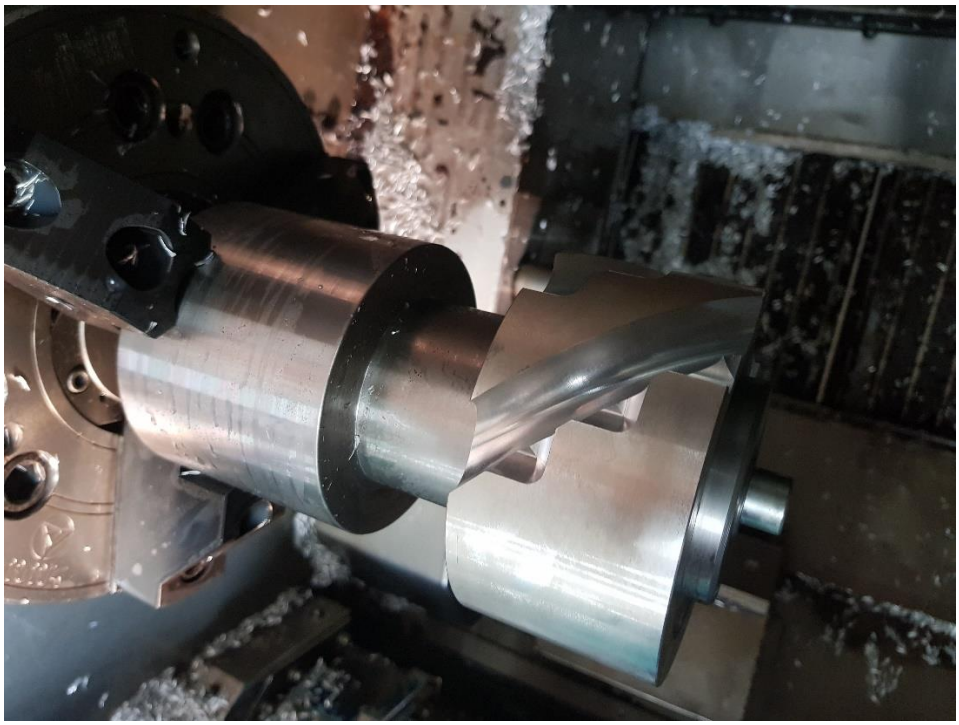
Prilog 5. prikazuje pod program za izradu utora za pločice.



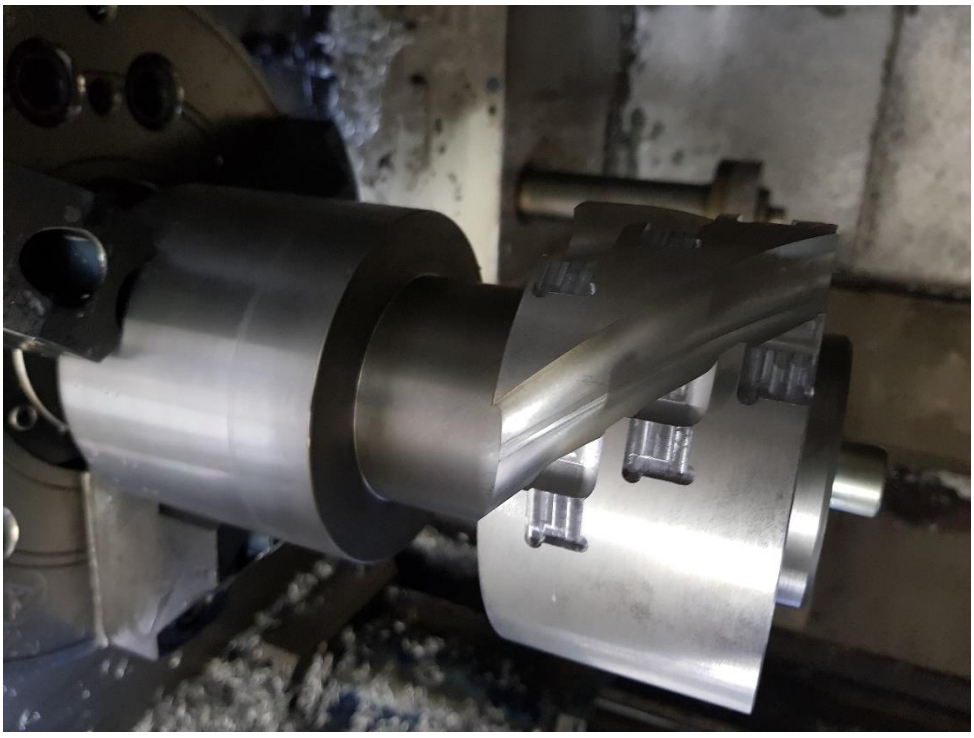
Slika 7-12. Prva operacija - prve etape



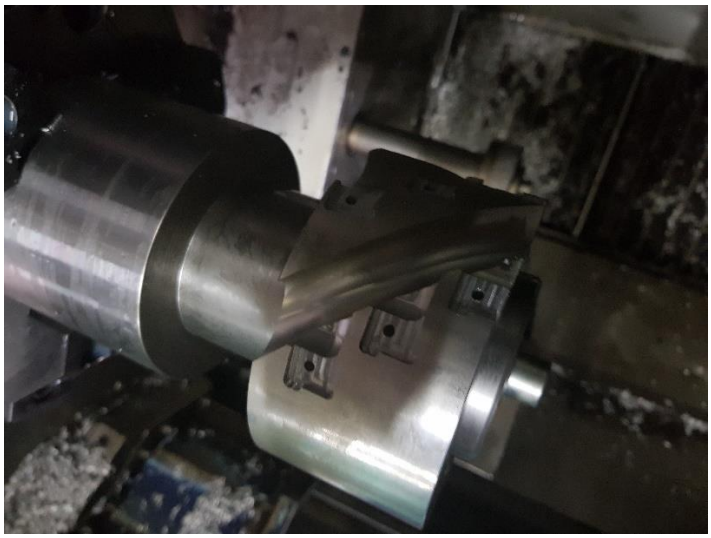
Slika 7-13. Druga operacija - prve etape



Slika 7-14. Treća operacija - prve etape



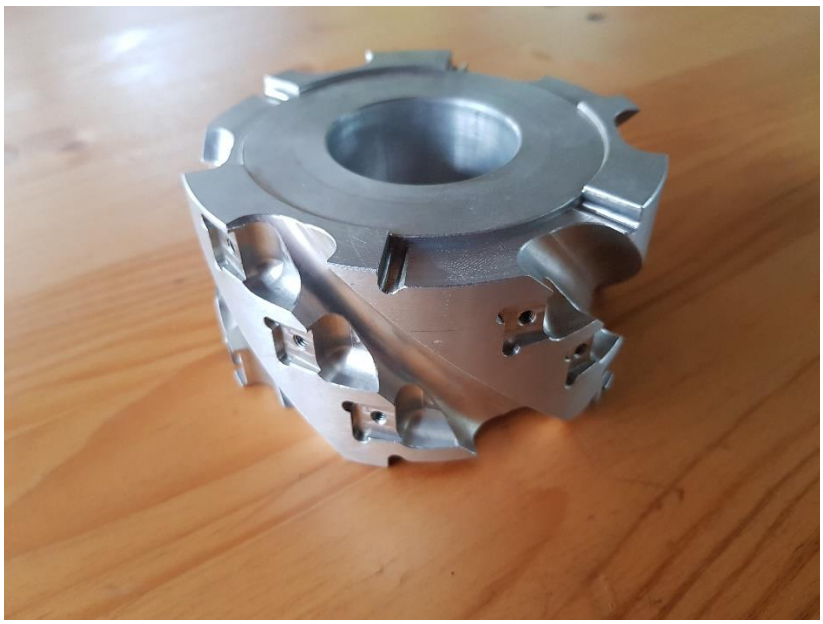
Slika 7-15. Četvrta operacija - prve etape



Slika 7-16. Peta operacija - prve etape

Planirano je da šesta operacija kod izrade glodala bude urezivanje navoja M4. Pošto u trenutku izrade glodala, još se nije posjedovao post procesor za stroj Hitachi Super Hicell 250, ciklus kojeg je generirao SolidCAM u G – kodu nije odgovarao stroju. Kao samostalni radnik u trenutku izrade glodala, a i premalo iskustva, odlučeno je da će se urezivanje navoja izvršiti ručno.

Nakon izvršene obrade na stroju i ručnog urezivanja navoja slijedila je bravarija. Pročistili su se navoji i uklonili su se svi oštri rubovi na glodalu.



Slika 7-17. Konačni izgled glodala

8. Zaključak

SolidCAM, kao zamjena za ručno programiranje, značajno olakšava i ubrzava sam proces programiranja. Također, na vrijeme upozorava na sve greške koje čovjek ponekad ne može sam uočiti. Npr. upozorenje da će alat udarit obradak u brzom hodu ili upozorenje o mogućem sudaru držača alata sa obradkom, itd.

Kao negativna strana SolidCAM-a je cijena. Za trenutno sve dostupne module u samom programu, treba izdvojiti oko 150 000 kuna. Svi ti moduli ne olakšavaju pretjerano posao ako se ne posjeduje određeni post procesor za stroj. Cijena post procesora za 5-osni obradni centar iznosi oko 20 000 kuna, za 4-osni stroj oko 5000 kuna, a za 3-osni stroj oko 2000 kuna. Za sve strojeve koji nemaju jednaku kinematiku i upravljanje treba izraditi novi post procesor.

Iako svi ovi softweri značajno ubrzavaju i olakšavaju brzinu programiranja i dalje postoji problem koji još nije riješen, a to je tehnologija. Naučiti programirati preko SolidCAM-a nije težak zadatak, ali i dalje je potrebno veliko iskustvo programera. Programer mora donijeti najvažnije odluke: način stezanja, dubina obrade, pritisak stezne glave, režime obrade, korišteni alati itd. kako bi uspio ostvariti sve zahtjeve nacrta. Ovo iskustvo je potrebno graditi godinama.

Glavni cilj programera je svesti vrijeme izrade na minimalno jer vrijeme je novac. Primjera radi, ako neiskusan programer dobije vrijeme od 30minuta za jedan komad, a iskusan programer 25 minuta, ova razlika nije velika, ali na ukupan broj komada (primjer 300 komada) ukupno vrijeme potrebno za izradu serije skraćeno je za 25 sati.

U Varaždinu, _____ Potpis:

_____

IZJAVA O AUTORSTVU

I

SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, **ŽELJKO BEZAK** pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog rada pod naslovom **TESTIRANJE CAD/CAM SUSTAVA U PROIZVODNJI** te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student:

Željko Bezak

ŽBezak

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, **ŽELJKO BEZAK** neopozivo izjavljujem da sam suglasan s javnom objavom završnog rada pod naslovom **TESTIRANJE CAD/CAM SUSTAVA U PROIZVODNJI** čiji sam autor.

Student:

Željko Bezak

ŽBezak

9. Literatura

[1] https://moodle.vz.unin.hr/moodle/file.php/413/Predavanja_2017-18/Tehnoloska_priprema_PRED5_2017_2018.pdf , dostupno 3.5.2018.

[2] http://repozitorij.fsb.hr/1700/1/16_02_2012_01-zavrsni_rad_Milan-CD_konacna_verzija.pdf , dostupno 26.3.2018.

[3] https://www.wardcnc.com/product/10358/hankook-vtc125-vtc125e-vtc140-vtc140e-vtc160-vtc160e-series , dostupno 3.5.2018.

[4] https://www.diagnosticoysoluciones.com.ar/en-us/cad-computer-aided-design/ , dostupno 3.5.2018.

[5] http://idcwi.com/First_Trimester2012.html , dostupno 3.5.2018.

[6] http://idcwi.com/First_Trimester2012.html , dostupno 3.5.2018.

[7] http://repozitorij.fsb.hr/7330/1/Zizak_2017_zavrsni_preddiplomski.pdf , dostupno 26.3.2018.

[8] https://en.wikipedia.org/wiki/Hitachi , dostupno 3.5.2018.

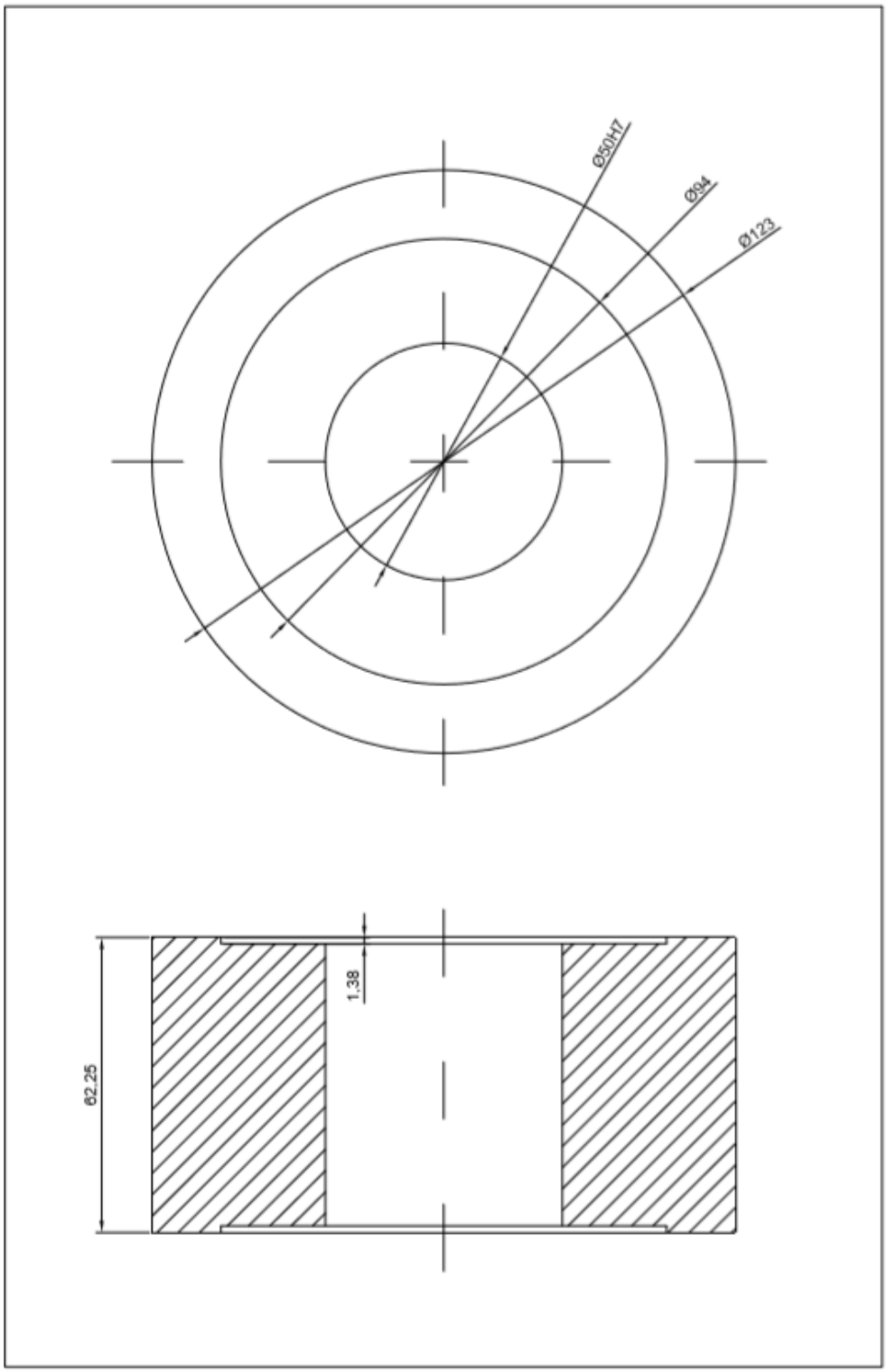
10. Popis slika

Slika 1-1. Primjer NC trake 9
Slika 1-2. Lopatica turbine 10
Slika 2-1. Vremensko iskorištenje strojeva [1] 11
Slika 2-2. Primjeri elemenata složene konstrukcije 12
Slika 2-3. Primjer Turn-Mill Centra [3] 13
Slika 3-1. Primjer računalom podržano konstruiranje [4] 14
Slika 3-2. Primjer računalom podržana proizvodnja [5] 15
Slika 4-1. Slika ispitnog zadatka - glodalo 18
Slika 4-2. Odabir ravnine rada 18
Slika 4-3. Izrada Sketch-a 19
Slika 4-4. Extruded Boss/Base funkcija 20
Slika 4-5. Extruded Cut funkcija 20
Slika 4-6. Sketch za utor - odvod strugotine 21
Slika 4-7. Split funkcija 22
Slika 4-8. Utor za odvod špene 23
Slika 4-9. Circular Pattern funkcija 23
Slika 4-10. Izrada vanjskih stepenica 24
Slika 4-11. Izrada utora u stepenici 24
Slika 4-12. Kružno preslikavanje utora 25
Slika 4-13. Miror funkcija 25
Slika 4-14. Izrada utora za pločice 26
Slika 4-15. Izrada rupa sa navojem 26
Slika 4-16. Izgled gotovog modela glodala 27
Slika 5-1. Pokretanje SolidCAM-a 28
Slika 5-2. Odabir stroja 29
Slika 5-3. Izgled definirane konture 30
Slika 5-4. Karakteristike alata 31
Slika 5-5. Kartica Levels 31
Slika 5-6. Kartica Technology 32
Slika 5-7. Kartica Link 33
Slika 5-8. Rotiranje za 120° dva puta 33
Slika 5-9. Izgled prve operacije 34
Slika 5-10. Geometrija za izradu utora 35
Slika 5-11. Izbor načina kretanja alata s obzirom na konturu 35
Slika 5-12. Kuglično glodalo Φ15 35
Slika 5-13. Izgled druge operacije 36
Slika 5-14. Izgled treće operacije 36
Slika 5-15. Izgled četvrte operacije 37
Slika 5-16. Izgled geometrije za operaciju bušenjem 37
Slika 5-17. Parametri za operaciju bušenjem 38
Slika 5-18. Izgled operacije bušenjem 38
Slika 6-1. Logo kompanije Hitachi [8] 40

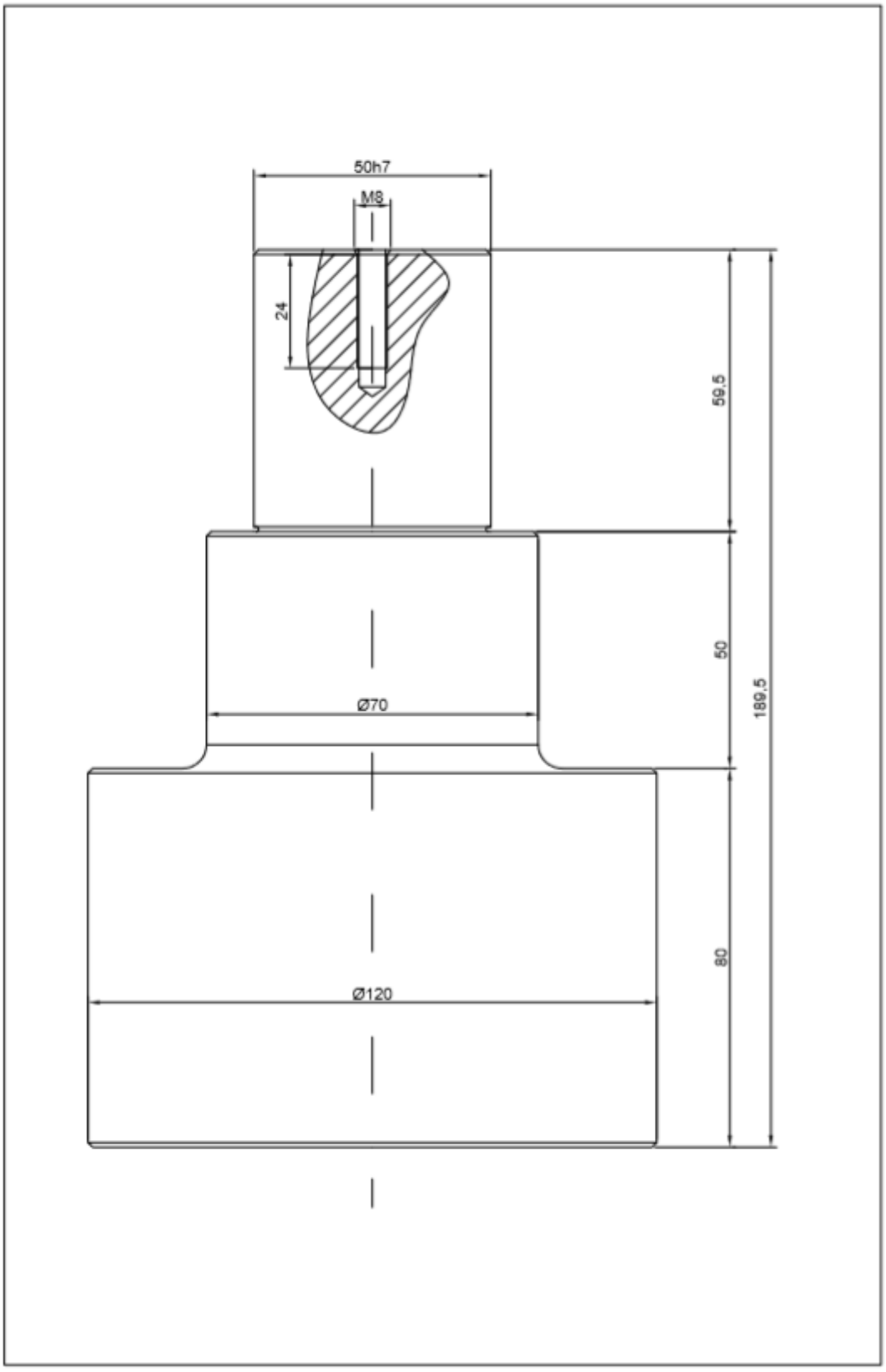
Slika 6-2. Stroj Hitachi Super Hicell 250 41
Slika 6-3. Prikaz osi stroja 41
Slika 7-1. Pripremak 43
Slika 7-2. Naprava 44
Slika 7-3. Pripremak i naprava 44
Slika 7-4. Kuglično glodalo Φ15 45
Slika 7-5. Kuglično glodalo Φ10 45
Slika 7-6. Fino ravno glodalo Φ4 46
Slika 7-7. Svrdlo Φ3.3 46
Slika 7-8. Ruka za umjeravanje 47
Slika 7-9. Provjera pomoću mjerne ure 48
Slika 7-10. Uzimanje nule komada 48
Slika 7-11. PC kartica za prijenos memorije 49
Slika 7-12. Prva operacija - prve etape 50
Slika 7-13. Druga operacija - prve etape 50
Slika 7-14. Treća operacija - prve etape 51
Slika 7-15. Četvrta operacija - prve etape 51
Slika 7-16. Peta operacija - prve etape 52
Slika 7-17. Konačni izgled glodala 52

11. Prilozi

Prilog 1.



Prilog 2.



Prilog 3.

```
%
O100(GLODALO-ZAVRSNI RAD)
(STROJ HITACHI SEIKI - IVANEC)
M64
G30U0V0W0
T020700 (GLODALO FI 4)
M43
G28 H0
G50 C0
T990800 (PRIPREMA GLODALO FI 15)
M98 P10
G0 C120
G50 C0
M98 P10
G0 C120
G50 C0
M98 P10
M40
M30
%
```

Prilog 4.

```
%
O10
(GLODALO FI 4)
(STEPENICA 1-VANJSKA - PROFILE)
(3 PROLAZA, DUBINA 0.7)
M134
G19 G97 G98 S4000 M13
G271 C61.5
G1 X173. C3.037 Z0.875 F2000
X133. F2000
X113. F80
C56.963 F160
X173. F2000
C3.496 Z0.117 F2000
X133. F2000
X113. F80
C4.622 Z0.169
G2 C4.882 Z0.175 R3.8
G1 C55.118
G2 C55.378 Z0.169 R3.8
G1 C56.503 Z0.117
X173. F2000
C3.779 Z7.4 F2000
X133. F2000
X113. F80
Z-0.66
G2 C4.882 Z-0.525 R3.1
G1 C55.118
G2 C56.221 Z-0.66 R3.1
G1 Z7.4
X173. F2000
C2.925 F2000
X133. F2000
X113. F80
Z-1.841
G2 C4.882 Z-1.225 R2.4
G1 C55.118
G2 C57.075 Z-1.841 R2.4
G1 Z7.4
X173. F2000
C2.438 F2000
X133. F2000
X113. F80
Z-3.625
C2.441 Z-3.628
C2.444 Z-3.625
G2 C4.882 Z-1.625 R2.
G1 C55.118 F100
G2 C57.556 Z-3.619 R2. F80
G1 C57.56 Z-3.622
C57.562
Z7.4
X173. F2000
C3.037 Z0.875 F2000
X123. F2000
X103. F80
C56.963 F100
X173. F2000
C3.496 Z0.117 F2000
X126. F2000
X103. F80
C4.622 Z0.169 F100
G2 C4.882 Z0.175 R3.8 F80
G1 C55.118 F100
G2 C55.378 Z0.169 R3.8 F80
G1 C56.503 Z0.117
X173. F2000
C3.779 Z7.4 F2000
X126. F2000
X103. F80
Z-0.66
G2 C4.882 Z-0.525 R3.1
G1 C55.118
G2 C56.221 Z-0.66 R3.1
G1 Z7.4
X173. F2000
C2.925 F2000
X126. F2000
X103. F80
Z-1.841
G2 C4.882 Z-1.225 R2.4
G1 C55.118
G2 C57.075 Z-1.841 R2.4
G1 Z7.4
X173. F2000
C2.438 F2000
X126. F2000
X103. F80
Z-3.625
C2.441 Z-3.628
C2.444 Z-3.625
G2 C4.882 Z-1.625 R2.
G1 C55.118
G2 C57.556 Z-3.619 R2.
G1 C57.56 Z-3.622
C57.562
Z7.4
X173. F2000
C3.037 Z0.875 F2000
X124. F2000
X94. F80
C56.963 F100
X173. F2000
C3.496 Z0.117
```

```
X124. F2000
X94. F80
C4.622 Z0.169
G2 C4.882 Z0.175 R3.8
G1 C55.118
G2 C55.378 Z0.169 R3.8
G1 C56.503 Z0.117
X173. F2000
C3.779 Z7.4 F2000
X124. F2000
X94. F80
Z-0.66
G2 C4.882 Z-0.525 R3.1
G1 C55.118
G2 C56.221 Z-0.66 R3.1
G1 Z7.4
X173. F2000
C2.925 F2000
X124. F2000
X94. F80
Z-1.841
G2 C4.882 Z-1.225 R2.4
G1 C55.118
G2 C57.075 Z-1.841 R2.4
G1 Z7.4
X173. F2000
C2.438 F2000
X123. F2000
X94. F80
Z-3.625
C2.441 Z-3.628
C2.444 Z-3.625
G2 C4.882 Z-1.625 R2.
G1 C55.118
G2 C57.556 Z-3.619 R2.
G1 C57.56 Z-3.622
C57.562
Z7.4
X173. F2000
(GLODALO FI 4)
(STEPENICA 1-UNUTARNJA - PROFILE)
(3 PROLAZA, DUBINA 0.7)
G1 X173. C56.963 Z-63.125 F2000
X133. F2000
X113. F80
C3.037
X173. F2000
C56.503 Z-62.367 F2000
X133. F2000
X113. F80
C55.378 Z-62.419
G2 C55.118 Z-62.425 R3.8
G1 C4.882
G2 C4.622 Z-62.419 R3.8
G1 C3.496 Z-62.367
X173. F2000
C56.221 Z-69.65 F2000
X133. F2000
X113. F80
Z-61.59
G2 C55.118 Z-61.725 R3.1
G1 C4.882
G2 C3.779 Z-61.59 R3.1
G1 Z-69.65
X173. F2000
C57.075 F2000
X133. F2000
X113. F80
Z-60.41
G2 C55.118 Z-61.025 R2.4
G1 C4.882
G2 C2.925 Z-60.41 R2.4
G1 Z-69.65
X173. F2000
C57.562 F2000
X133. F2000
X113. F80
Z-58.625
C57.559 Z-58.623
C57.556 Z-58.625
G2 C55.118 Z-60.625 R2.
G1 C4.882
G2 C2.444 Z-58.626 R2.
G1 C2.441 Z-58.624
C2.438 Z-58.679
Z-69.65
X173. F2000
C56.963 Z-63.125 F2000
X127. F2000
X103. F80
C3.037
X173. F2000
C56.503 Z-62.367 F2000
X127. F2000
X103. F80
C55.378 Z-62.419
G2 C55.118 Z-62.425 R3.8
G1 C4.882
G2 C4.622 Z-62.419 R3.8
G1 C3.496 Z-62.367
X173. F2000
C56.221 Z-69.65 F2000
X127. F2000
X103. F80
Z-61.59
G2 C55.118 Z-61.725 R3.1
G1 C4.882
G2 C3.779 Z-61.59 R3.1
G1 Z-69.65
X173. F2000
C57.075 F2000
X127. F2000
```

```
X103. F80
Z-60.41
G2 C55.118 Z-61.025 R2.4
G1 C4.882
G2 C2.925 Z-60.41 R2.4
G1 Z-69.65
X173. F2000
C57.562 F2000
X127. F2000
X103. F80
Z-58.625
C57.559 Z-58.623
C57.556 Z-58.625
G2 C55.118 Z-60.625 R2.
G1 C4.882
G2 C2.444 Z-58.626 R2.
G1 C2.441 Z-58.624
C2.438 Z-58.679
Z-69.65
X173. F2000
C56.963 Z-63.125 F2000
X123. F2000
X94. F80
C3.037
X173. F2000
C56.503 Z-62.367 F2000
X123. F2000
X94. F80
C55.378 Z-62.419
G2 C55.118 Z-62.425 R3.8
G1 C4.882
G2 C4.622 Z-62.419 R3.8
G1 C3.496 Z-62.367
X173. F2000
C56.221 Z-69.65 F2000
X123. F2000
X94. F80
Z-61.59
G2 C55.118 Z-61.725 R3.1
G1 C4.882
G2 C3.779 Z-61.59 R3.1
G1 Z-69.65
X173. F2000
C57.075 F2000
X123. F2000
X94. F80
Z-60.41
G2 C55.118 Z-61.025 R2.4
G1 C4.882
G2 C2.925 Z-60.41 R2.4
G1 Z-69.65
X173. F2000
C57.562 F2000
X123. F2000
X94. F80
Z-58.625
C57.559 Z-58.623
C57.556 Z-58.625
G2 C55.118 Z-60.625 R2.
G1 C4.882
G2 C2.444 Z-58.626 R2.
G1 C2.441 Z-58.624
C2.438 Z-58.679
Z-69.65
X173. F2000
G271 C0
M135
G30 U0V0W0 M5
M01
T020800 (GLODALO FI 15)
M134
T990900 (PRIPREMA GLODALO FI 10)
G19 G97 G98 S2500 M13
G271 C61.5
(KUGLICNO GLODALO FI 15)
(ODVOD SPENE-1-PRVA - PROFILE)
(3 PROLAZA - DUBINA OKO 3MM)
G1 X173. C95.872 Z-78.775 F2000
X127. F2000
X115.81 F100
C8.773 Z11.589 F200
X173. F2000
C95.872 Z-78.775 F2000
X123. F2000
X108.618 F100
C8.773 Z11.589 F200
X173. F2000
C95.872 Z-78.775 F2000
X123. F2000
X101.428 F100
C8.773 Z11.589 F200
X173. F2000
(KUGLICNO GLODALO FI 15)
(ODVOD SPENE-2-PRVA - PROFILE)
(3 PROLAZA - DUBINA OKO 3MM)
G1 X173. C152.377 Z-75.15 F2000
X127. F2000
X115.81 F100
C65.28 Z15.215 F200
X173. F2000
C152.377 Z-75.15 F2000
X127. F2000
X108.618 F100
C65.28 Z15.215 F200
X173. F2000
C152.377 Z-75.15 F2000
X123. F2000
X101.428 F100
C65.28 Z15.215 F200
X173. F2000
(KUGLICNO GLODALO FI 15)
(ODVOD SPENE-1-DRUGA - PROFILE)
```

```
(3 PROLAZA - DUBINA OKO 3MM)
G1 X173. C98.393 Z-76.81 F2000
X127. F2000
X115.81 F100
C11.295 Z13.554 F200
X173. F2000
C98.393 Z-76.81 F2000
X127. F2000
X108.618 F100
C11.295 Z13.554 F200
X173. F2000
C98.393 Z-76.81 F2000
X123. F2000
X101.428 F100
C11.295 Z13.554 F200
X173. F2000
(KUGLICNO GLODALO FI 15)
(ODVOD SPENE-2-DRUGA - PROFILE)
(3 PROLAZA - DUBINA OKO 3MM)
G1 X173. C154.898 Z-73.185 F2000
X127. F2000
X115.81 F100
C67.802 Z17.179 F200
X173. F2000
C154.898 Z-73.185 F2000
X127. F2000
X108.618 F100
C67.802 Z17.179 F200
X173. F2000
C154.898 Z-73.185 F2000
X123. F2000
X101.428 F100
C67.802 Z17.179 F200
X173. F2000
G271 C0
M135
G30 U0V0W0 M5
M01
T020900 (GLODALO FI 10)
M134
T990700 (PRIPREMA GLODALO FI 4)
G19 G97 G98 S3000 M13
(KUGLICNO GLODALO FI 10)
(RADUJUS R5 - 3 PRVI - PROFILE)
(1 PROLAZ - DUBINA KONAČNA)
G0 C61.867 Y0.
X173. Y-9.598 Z-31.380
X127.
G1 X104.036 F300
Z-13.772 F100
Y-27.672
X127. F300
G0 X173.
G0 C79.953
X173. Y-9.598 Z-50.143
X127.
G1 X104.036 F300
Z-32.486 F100
Y-27.671
X127. F300
G0 X173.
G0 C98.038
X173. Y-9.598 Z-68.250
X127.
G1 X104.036 F300
Z-51.250 F100
Y-27.673
X127. F300
G0 X173.
(KUGLICNO GLODALO FI 10)
(RADUJUS R5 - 3 DRUGI - PROFILE)
(1 PROLAZ - DUBINA KONAČNA)
G0 C112.966
X173. Y-9.594 Z-17.277
X127.
G1 X106.244 F300
Z1. F100
Y-25.565
X127. F300
G0 X173.
G0 C131.052
X173. Y-9.594 Z-41.026
X127.
G1 X106.244 F300
Z-23.091 F100
Y-26.105
X127. F300
G0 X173.
G0 C149.138
X173. Y-9.594 Z-59.793
X127.
G1 X106.244 F300
Z-41.855 F100
Y-26.105
X127. F300
G0 X173.
M135
G30 U0V0W0 M5
M01
T020700 (GLODALO FI 4)
M134
T991000 (PRIPREMA SVRDLO 3.3)
G19 G97 G98 S4000 M13
(GLODALO FI 4)
(RAVNANJE RADUJUSA R5 - 3 PRVI - PROFILE)
(1 PROLAZ - DUBINA KONAČNA)
G0 C61.867
G0 X173. Y-11.598 Z-28.516
X127.
G1 X104.036 F300
Z-15.722 F80
Y-22.919
```

```
X127. F300
G0 X173.
G0 C79.953
G0 X173. Y-11.598 Z-47.282
X127.
G1 X104.036 F300
Z-34.486 F80
Y-22.919
X127. F300
G0 X173.
G0 C98.038
G0 X173. Y-11.598 Z-66.045
X127.
G1 X104.036 F300
Z-53.250 F80
Y-22.919
X127. F300
G0 X173.
GLODALO FI 4)
(RAVNANJE RADUJUSA R5 - 3 DRUGI -
PROFILE)
(1 PROLAZ - DUBINA KONAČNA)
G0 C112.996
G0 X173. Y-11.594 Z-18.677
X127.
G1 X106.242 F300
Z0. F80
Y-26.965
X127. F300
G0 X173.
G0 C131.052
G0 X173. Y-11.594 Z-37.441
X127.
G1 X106.242 F300
Z-25.091 F80
Y-22.958
X127. F300
G0 X173.
G0 C149.138
G0 X173. Y-11.594 Z-56.205
X127.
G1 X106.242 F300
Z-43.855 F80
Y-22.957
X127. F300
G0 X173.
(1. UTOR)
G0 C66.867 Z-16.722 Y-5.360
X127.
M98 P11
G0 C84.953 Z-35.486 Y-5.360
M98 P11
G0 C103.038 Z-54.250 Y-5.360
M98 P11
G0 C117.966 Z-7.326 Y-5.360
M98 P11
G0 C136.052 Z-26.091 Y-5.360
M98 P11
G0 C154.138 Z-44.855 Y-5.360
M98 P11
M135
G30U0V0W0 M5
M01
T021000 (SVRDLO 3.3)
G19 G97 G98 S5000 M13
T990700 (PRIPREMA GLODALO FI 4)
M134
G0 C66.867
G0 X173. Y-5.360 Z-16.722
G83 G198 X94. R123. Q4 F30
G80
G0 C84.953
G0 X173. Y-5.360 Z-35.486
G83 G198 X94. R123. Q4 F30
G80
G0 C103.038
G0 X173. Y-5.360 Z-54.250
G83 G198 X94. R123. Q4 F30
G80
G0 C117.966
G0 X173. Y-5.360 Z-7.326
G83 G198 X94. R123. Q4 F30
G80
G0 C136.052
G0 X173. Y-5.360 Z-26.091
G83 G198 X94. R123. Q4 F30
G80
G0 C154.138
G0 X173. Y-5.360 Z-44.855
G83 G198 X94. R123. Q4 F30
G80
M135
G30 U0V0W0 M5
M01
M99
%
```

Prilog 5.

```
%
O11 (POD - UTOR ZA PLOCICE)
G1 V-7. W-4.07 F300
U-8.8
V13.14 F50
V-2.
W10.14
W-2.
V-11.14
W-3.
V11.14
W-3.
V-11.14
U-0.2
V13.14 F50
V-2.
W10.14
W-2.
V-11.14
W-3.
V11.14
W-3.
V-11.14
U9.
M99
%
```

Prilog 6.

CD – R disc